

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE DE LA MAÎTRISE EN
MATHÉMATIQUES ET INFORMATIQUE APPLIQUÉES

PAR
MARTIN PARADIS

LOGICIEL D'ÉVALUATION DU NIVEAU DE RISQUE DANS DES
PROJETS À PARTIR DE QUESTIONNAIRES HIÉRARCHISÉS :
ANALYSE ET MODÉLISATION DES CALCULS SOUS-JACENTS,
ET CONSIDÉRATIONS MÉTHODOLOGIQUES

MARS 2004

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

SOMMAIRE

Dans ce travail, nous présentons un modèle prototype permettant d'étudier le comportement mathématique d'un questionnaire hiérarchique informatisé. Outre sa structure hiérarchique, un tel questionnaire doit être caractérisé par (1) un ensemble prédéterminé de réponses acceptables pour chaque question, et (2) le questionnaire doit retourner un certain résultat numérique basé sur la pondération associée à chaque réponse. Le modèle utilise un programme que nous avons créé appelé *générateur de résultats* afin de générer tous les résultats possibles; d'où l'importance d'avoir un nombre fini de réponses. Le générateur traite le questionnaire comme étant un méga-arbre de décision afin d'en ressortir tous les résultats possibles. Ces résultats permettront de générer la courbe représentant la fonction mathématique associée au questionnaire. À partir de cette courbe, nous proposons une façon d'interpréter cette courbe. Le besoin de développer un tel modèle s'est fait sentir à la suite de la création d'un logiciel servant à évaluer le niveau de risque dans un projet d'une PME. Ce logiciel, **eRisC**, a été développé pour et validé par des entrepreneurs, agents économiques, investisseurs ainsi que des prêteurs afin d'identifier les principaux éléments de risque dans les projets de développement des PME de sorte à améliorer leur taux de succès et faciliter leur financement. Le modèle proposé a donc été testé sur **eRisC** afin d'en démontrer les capacités.

Afin d'évaluer le niveau de risque associé aux projets, **eRisC** utilise trois modèles de calcul relativement complexes. Cependant, au fur et à mesure où ces modèles de calcul émergeaient du développement des questionnaires (expansion, exportation et innovation) employés par le logiciel, essentiellement comme sous-produit plutôt qu'être explicitement conçu dès le départ, les résultats numériques retournés par l'outil (c.-à-d. le niveau de risque) s'avéraient difficiles à interpréter du point de vue de l'évaluateur de même que pour ses concepteurs. Dans le but d'avoir une meilleure compréhension des résultats retournés par **eRisC**, nous avons dû développer une méthodologie nous permettant d'étudier les modèles de calcul sous-jacents aux questionnaires et c'est ce que nous présentons dans ce document.

L'étude a été réalisée en deux étapes principales. La première étape consistait à calculer la courbe représentant tous les résultats possibles pour un questionnaire, et de ce fait obtenir leur distribution. Ceci nous a permis de déterminer l'étendue des résultats possibles ainsi que la dispersion et les fréquences des résultats. La seconde étape utilisait des projets "prototype" afin d'étudier les impacts des spécificités de différents types de projets de même que certains facteurs d'incertitude qui peuvent influencer le niveau final de risque calculé par l'outil.

Cette méthodologie nous a permis de prouver que les arbres de décision représentant les questionnaires d'expansion et d'exportation comportaient respectivement $6.53e+44$ et $3.83e+43$ branches. Un autre détail important que nous avons découvert était que les niveaux de risque ne se situent pas dans l'intervalle $[0, 100]$ comme nous le prévoyions, mais plutôt dans l'intervalle $[0, 89]$ pour le questionnaire d'expansion et $[0, 93]$ pour celui d'exportation. De plus, 99% des résultats potentiels se retrouvent dans un intervalle beaucoup plus restreint,

SOMMAIRE

soit [20, 48] et [25, 55] respectivement. Nous avons également prouvé que la distribution des résultats s'apparentait énormément à celle de la loi normale, ce qui nous permet de classer les niveaux de risque (faible, moyen, élevé) afin de faciliter l'interprétation des résultats.

Jusqu'à présent, deux des trois questionnaires de *eRisC* ont été analysés avec le modèle proposé. Ainsi, les travaux futurs consisteront à compléter la partie du générateur de résultats servant à traiter le questionnaire d'innovation afin de terminer l'analyse de ce dernier. Nous prévoyons également continuer l'évaluation de projets afin d'élargir notre compréhension des différents modèles de calcul afin de déterminer si les conclusions que nous avons faites jusqu'à présent sont véridiques. Pour le moment, les résultats obtenus sont très encourageants.

ABSTRACT

In this work, we present a prototype model enabling us to study the mathematical behaviour of a computerized hierarchical questionnaire. Besides its hierarchical structure, the latter should have the following characteristics: (1) a closed set of pre-determined acceptable answers is associated with every question, and (2) the questionnaire should return a certain numerical outcome based on the answers, each of these being associated with a numerical weight. The model uses a program called a *results generator*, which generates all possible results; thus the requirement to have a finite number of possible answers. The generator transforms the questionnaire into a mega-decision tree to process every possible result from which we derive a curve. From that curve (a depiction of a mathematical function), we propose a way to interpret the results. The model is applied to a real-life computerized hierarchical questionnaire to demonstrate its capabilities. The need to develop such a model arose from the creation of a software aiming to help a user to analyse the risk level of a SME (Small and Medium-sized Enterprise) project. The **eRisC** software was developed for and validated by entrepreneurs, economic agents, lenders and investors, to identify the main risk factors of SMEs development projects in order to improve their success rate and facilitate their financing.

In order to evaluate the risk level associated with an SME project, **eRisC** uses three relatively complex calculation models. However, as these calculation models emerged from the development of the hierarchical questionnaires used by the software (expansion, exportation and innovation), essentially as a by-product rather than being explicitly devised at the outset, the numerical results returned by the tool (i.e. the risk level) turned out to be difficult to interpret from the user's standpoint. In order to have a better understanding of the results returned by the **eRisC** software and the implied computation models used in its inner core, we had to develop a methodology to do so and this is what we present here. Despite an extensive search of the literature, we were surprised to discover that such a problem and its potential solutions had not been documented yet.

The study was conducted in two main steps. The first step consisted in computing the curve representing all possible results for a given questionnaire, thus obtaining their distribution. This allowed us to determine the range of possible results as well as the dispersion and frequencies of the results. The second step used prototype projects in order to study the impacts of projects' specifics on the evaluation scheme, as well as the impact human evaluators (i.e. **eRisC**'s users) may have on risk assessment. This also allowed us to study certain "uncertainty" factors that may influence the final result computed by **eRisC**'s questionnaires.

In particular, for **eRisC**'s expansion and export questionnaires, we proved that they were equivalent to decision trees containing, respectively, $6.53e+44$ and $3.83e+43$ branches. We also proved that the risk-level results were in the $[0, 89]$ range for the expansion questionnaire and in the $[0, 93]$ range for the export questionnaire—both different from the expected $[0, 100]$ range. However, for each one, 99% of the potential results appear in a much narrower range: $[20, 48]$ and $[25, 55]$, respectively. We also proved that the distribution of their result values both fitted that of the normal law and this was very useful to determine to what level of risk

ABSTRACT

(low, medium, high) a risk value may be said to correspond, for the user, in order to facilitate results interpretation with the **eRisC** software.

Up to now, two out of three questionnaires have been analyzed with the model proposed here. Thus, future work will consist in completing the experimentation with the innovation questionnaire, including the necessary adjustments to the results generator to carry out this task. We plan to continue the evaluation of projects to further our comprehension of the model in order to determine if the conclusions we have drawn so far continue indeed to match practical results obtained from actual SME project assessments. Thus far, results from this research project are quite encouraging.

AVANT-PROPOS ET REMERCIEMENTS

J'aimerais premièrement remercier mon père et ma mère pour m'avoir supporté et avoir cru en moi tout au long de mes années universitaires. J'aimerais également remercier tous les professeurs qui m'ont fait part de leurs connaissances, et spécialement Sylvain Delisle pour m'avoir guidé dans mon cheminement. J'aimerais finalement remercier le LaRePE pour m'avoir donné la chance de participer au développement du logiciel **eRisC**.

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE.....	i
ABSTRACT.....	iii
AVANT-PROPOS ET REMERCIEMENTS.....	v
TABLE DES MATIÈRES.....	vi
LISTE DES FIGURES.....	viii
LISTE DES TABLEAUX.....	x
Partie I - Problématique et Analyse.....	11
Chapitre 1 - Introduction	12
1.1 Évaluation du risque dans un projet.....	12
1.1.1 Description de l'architecture des questionnaires de <i>eRisC</i>	13
1.2 Objectifs du mémoire	15
1.3 Démarche et méthodologie de travail	17
1.4 Structuration du document	18
Chapitre 2 - Incertitude.....	19
2.1 Incertitude et informatique	19
2.2 La connaissance et l'ignorance	21
2.2.1 Les causes de l'incertitude	27
2.3 L'incertitude dans le contexte de <i>eRisC</i>	28
Chapitre 3 - État de l'art.....	29
3.1 Les opinions d'experts	29
3.2 Les différentes approches face à l'incertitude	31
3.2.1 Approche quantitative	31
3.2.1.1 Probabilité à priori (inconditionnelle)	31
3.2.1.2 Probabilité à posteriori (conditionnelle).....	32
3.2.1.3 Théorie de Bayes.....	32
3.2.1.4 Réseaux de croyances	33
3.2.1.5 Théorie de l'évidence.....	35
3.2.2 Approche qualitative (many-valued logic).....	36
Chapitre 4 - Proposition d'un modèle de calcul pour l'incertitude	40
4.1 Rappel de l'incertitude par rapport à l'outil <i>eRisC</i>	40
4.2 Minimiser l'incertitude	40
4.3 Le résultat final.....	43
4.4 Les facteurs d'incertitude.....	43
4.5 Proposition d'un modèle de calcul pour l'incertitude	46
Partie II - Démarche.....	48
Chapitre 5 - Démarche suivie pour la création du générateur de résultats	49
5.1 Modèles de calcul implicites	49
5.1.1 Création des questionnaires.....	49
5.1.2 Principales différences entre les modèles de calcul	52
5.2 Objectif associé au générateur de résultats	52
5.3 Création du générateur	54
5.4 Caractéristiques du générateur.....	60
5.5 Travaux à compléter	62
Chapitre 6 - Démarche suivie pour l'étude de cas	63
6.1 But de l'étude	63
6.2 Création du premier cas.....	66

TABLE DES MATIÈRES

6.2.1	Élaboration du cas	66
6.2.2	Évaluation du cas	67
6.3	Travaux à compléter	67
Partie III - Résultats et Analyse	69	
Chapitre 7 - Résultats et analyse	70	
7.1	Étude du comportement des modèles de calcul	70
7.1.1	Analyse des résultats	70
7.1.2	Allure des CGR	72
7.2	Étude du premier cas d'expansion	76
7.2.1	Étude des résultats des évaluateurs	77
7.2.2	Étude de la courbe du projet	80
7.2.3	Création d'une échelle de couleur	81
7.3	Facteurs d'incertitude	82
7.4	Prochaines étapes de l'étude	82
Chapitre 8 - Conclusion	84	
8.1	Résumé des objectifs du mémoire	84
8.2	Méthodologie résultante	85
8.3	Travaux à compléter	89
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	91	
ANNEXE A.....	93	
Origine du logiciel et objectifs de développement	93	
Problématique	93	
Objectifs visés par ce projet	94	
Description du logiciel	95	
À qui s'adresse ce logiciel ?	98	
ANNEXE B.....	100	
Contenu du fichier guide.txt pour le questionnaire d'expansion.....	100	
Listing représentant l'arborescence du questionnaire d'expansion	100	
Listing représentant l'arborescence du questionnaire d'exportation	108	
ANNEXE C.....	112	
Description du projet.....	112	
ANNEXE D	117	
Résultats du questionnaire d'expansion	117	
Résultats du questionnaire d'exportation	119	
ANNEXE E.....	122	
Courbes représentant les secteurs d'expansion	122	
Courbes représentant les secteurs d'exportation	124	

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1	Extrait du questionnaire représentant la hiérarchie des questions	14
Figure 2.1	Hiérarchie de l'ignorance	22
Figure 2.2	Types, objets et sources de connaissance	24
Figure 2.3	Cycle de la connaissance	25
Figure 2.4	Connaissance et ignorance humaine	26
Figure 3.1	Processus d'évaluation d'un projet	30
Figure 3.2	Réseau de croyances	34
Figure 3.3	Échelle d'incertitude graduée par des valeurs linguistiques	36
Figure 4.1	Exemple d'un mot possédant une définition dans eRisC	41
Figure 4.2	Comparaison entre une section vierge et une section complétée dans eRisC	42
Figure 4.3	Exemple de résultat avec incertitude sous forme d'intervalle	44
Figure 4.4	Schématisation du modèle de calcul d'incertitude	47
Figure 5.1	Représentation hiérarchique d'un questionnaire	51
Figure 5.2	Organigramme hiérarchique représentant l'arborescence d'une question	58
Figure 5.3	Représentation des tables de hachage pour la question 2 et 5	58
Figure 5.4	Exemple de concaténation de deux questions	59
Figure 6.1	Exemples de courbes globales de résultats	63
Figure 6.2	Exemple d'échelles représentant le niveau de risque pour deux projets de natures différentes	65
Figure 7.1	Courbe générale des résultats pour les questionnaires d'expansion et d'exportation	71
Figure 7.2	Distributions normales ayant la même espérance mais d'écart-types différents	72
Figure 7.3	Comparaison de la courbe générale des résultats d'expansion avec la courbe de la loi normale	74
Figure 7.4	Comparaison de la courbe générale des résultats d'exportation avec la courbe de la loi normale	75
Figure 7.5	Aires sous une courbe normale en fonction de l'écart-type	75
Figure 7.6	Courbe globale des résultats de l'expansion par rapport à la courbe du cas #1	80
Figure 8.1	Représentation graphique des courbes d'expansion et d'exportation	85
Figure 8.2	Comparaison entre la CGR de l'expansion et la courbe pour le projet #1	88
Figure A.1	Page d'accueil de eRisC	93
Figure A.2	Extrait du questionnaire d'expansion de eRisC servant à évaluer le niveau de risque	96
Figure A.3	En-tête du questionnaire eRisC	97
Figure A.4	Résultat de l'évaluation d'un projet par eRisC	97
Figure A.5	Aspects paramétrables dans eRisC	98
Figure A.6	Rapport de mitigation présenté par eRisC	99
Figure E.1	Courbe représentant le secteur 1 d'expansion	122
Figure E.2	Courbe représentant le secteur 2 d'expansion	122
Figure E.3	Courbe représentant le secteur 3 d'expansion	123
Figure E.4	Courbe représentant le secteur 4 d'expansion	123

LISTE DES FIGURES

Figure E.5	Courbe représentant le secteur 5 d'expansion.....	124
Figure E.6	Courbe représentant le secteur 1 d'exportation.....	124
Figure E.7	Courbe représentant le secteur 2 d'exportation.....	125
Figure E.8	Courbe représentant le secteur 3 d'exportation.....	125
Figure E.9	Courbe représentant le secteur 4 d'exportation.....	126
Figure E.10	Courbe représentant le secteur 5 d'exportation.....	126
Figure E.11	Courbe représentant le secteur 6 d'exportation.....	127
Figure E.12	Courbe représentant le secteur 7 d'exportation.....	127

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1	Taxonomie de l'ignorance.....	23
Tableau 3.1	Types d'approches face à un problème en fonction du type d'ignorance.....	39
Tableau 5.1	Temps de traitement du premier générateur en fonction du nombre de questions.....	54
Tableau 5.2	Temps de traitement du générateur final en fonction du nombre de questions.....	61
Tableau 5.3	Nombre de combinaisons possibles pour les questionnaires d'expansion et d'exportation.....	61
Tableau 7.1	Résumé des statistiques obtenues pour les courbes d'expansion et d'exportation.....	73
Tableau 7.2	Intervalles correspondant aux différents niveaux de risque pour les questionnaires d'expansion et d'exportation.....	76
Tableau 7.3	Résultats obtenus par les 14 évaluateurs.....	77
Tableau 7.4	Perception du niveau de risque du projet par les évaluateurs.....	78
Tableau 7.5	Intervalles correspondant aux différents niveaux de risque pour le projet d'expansion #1.....	81
Tableau 8.1	Tableau récapitulatif des résultats d'expansion et d'exportation.....	86
Tableau 8.2	Liste des facteurs d'incertitude.....	90
Tableau A.1	Types de projets à évaluer et leur description.....	95
Tableau D.1	Tableau des résultats obtenus lors de la génération des résultats pour le questionnaire d'expansion.....	117
Tableau D.2	Tableau des résultats obtenus lors de la génération des résultats pour le questionnaire d'exportation.....	119

Partie I

Problématique et Analyse

Cette partie discute d'un outil permettant d'évaluer le niveau de risque d'un projet de développement dans une PME. Cet outil est constitué de questionnaires auxquels sont rattachés des modèles de calcul permettant de mesurer le niveau de risque en fonction du type de projet. L'ennui avec ces modèles est qu'il est difficile d'interpréter les résultats pour l'instant. C'est pourquoi nous devons étudier le comportement de chaque modèle ainsi que les facteurs qui peuvent influencer le niveau de risque, facteurs que nous appelons "**facteurs d'incertitude**". Cette discussion sera présentée en quatre chapitres, soient :

1. **Introduction**
2. **Incertainité**
3. **État de l'art**
4. **Proposition d'un modèle de calcul pour l'incertitude**

Chapitre 1

Introduction

L'objectif du mémoire découle d'un outil préalablement développé dans le but d'évaluer le niveau de risque d'un projet dans l'optique de son financement. Ce chapitre permettra au lecteur de se familiariser avec l'outil en question afin d'avoir une meilleure compréhension des objectifs du mémoire. Nous verrons :

- 1.1 Évaluation du risque dans un projet**
- 1.2 Objectifs du mémoire**
- 1.3 Démarche et méthodologie de travail**
- 1.4 Structuration du document**

1.1 Évaluation du risque dans un projet

L'évaluation du risque dans un projet est une discipline très complexe, grandement basée sur l'expertise ainsi que sur l'expérience des évaluateurs. Les entreprises d'aujourd'hui possèdent, pour la plupart, une liste papier comportant une ou deux dizaines de points principaux à vérifier lors de l'analyse du risque. Ces listes varient évidemment d'une entreprise à l'autre, mais elles ont toutes quelque chose en commun : elles ne permettent pas d'évaluer le risque de fond en comble; encore moins d'en faire ressortir les principaux éléments de risque. C'est d'ici que l'idée de créer un outil permettant d'évaluer le risque dans un projet est surgit. Cet outil devrait permettre (1) d'identifier les principaux éléments de risque du projet, (2) d'évaluer le niveau total de risque et finalement (3) de proposer des solutions afin de réduire le niveau de risque. L'utilisation principale de cet outil sera d'aider les institutions financières à décider si elles doivent ou non financer un projet et selon quelles conditions.

Une équipe¹, parmi laquelle nous faisons parti, a été montée afin de créer un tel outil. Cet outil, appelé **eRisC** [29], existe aujourd'hui sous forme de site Web (<http://nemesiis.uqtr.ca/erisc/>). Dans ce projet, notre tâche consistait à informatiser trois questionnaires qui formaient le cœur du logiciel. Deux années ont été nécessaires à rédiger les trois questionnaires et pour construire le site Web. Les détails techniques de l'outil lui-même ne sont pas nécessaires afin de comprendre les objectifs de ce document. Cependant, un des aspects qui nous a fait opter pour un site Web était que les données (réponses aux questions) pour chaque projet évalué pourraient être recueillies sur une base de données centralisée. Ceci nous permettra éventuellement de faire le suivi des projets afin de voir l'efficacité de l'outil, mais aussi de comparer les différents projets. La possibilité de faire la comparaison entre différents projets de même type est importante car présentement nous ne savons pas ce que représentent les résultats. Lorsque nous

¹ Cet outil a été développé par le LaRePE (Laboratoire de Recherche sur la Performance des Entreprises) de l'UQTR avec l'aide financière de Développement Économique Canada (DEC).

aurons évalué suffisamment de projets d'un certain type, nous pourrions également créer une échelle de résultats pour permettre aux évaluateurs de comparer leurs projets avec d'autres projets déjà existants de même nature. Nous espérons que **eRisC** deviendra éventuellement l'outil de référence pour l'analyse du risque. Jusqu'à présent, l'outil a très bien été accepté par les évaluateurs.

1.1.1 Description de l'architecture des questionnaires de **eRisC**

Le logiciel **eRisC**² est un questionnaire à la fine pointe de la technologie. Il est cependant inutile de décrire toutes les spécificités du logiciel afin de comprendre les objectifs du mémoire. Dans cette section, nous allons plutôt décrire l'architecture des questionnaires, ce sur quoi est fondé l'objectif principal du mémoire, décrit dans la section 1.2.

eRisC est un outil permettant d'identifier les principaux éléments de risque dans les projets de développement des PME de manière à améliorer leur taux de succès et faciliter leur financement. En plus d'identifier les principaux éléments de risque, l'outil suggère certains moyens (mitigations) afin de réduire le risque global d'un projet. Pour ce faire, trois questionnaires hiérarchiques ont été développés :

- Expansion;
- Exportation;
- Innovation.

L'évaluateur n'a donc qu'à remplir un des questionnaires en fonction du type de projet à évaluer. Ces trois derniers sont des questionnaires hiérarchiques. Comme son nom l'indique, les questions sont agencées de façon hiérarchique, c'est-à-dire sous forme de niveaux imbriqués. Le premier niveau, ou niveau 1, représente une question obligatoire, c'est-à-dire que l'évaluateur doit forcément répondre à cette question. Ces questions peuvent engendrer à leur tour des sous-questions de niveaux supérieurs (niveau $n+1$) et ainsi de suite comme c'est le cas à la figure 1.1. Une question peut ou peut ne pas engendrer une sous-question, dépendamment de la réponse à la question. Les questionnaires possèdent au maximum sept niveaux d'imbrication, en comptant les titres des sections.

Chaque question possède un ensemble prédéterminé de réponses acceptables. La plupart des questions peuvent être répondues par "oui", "non", "ne s'applique pas" et "ne sait pas" respectivement, comme nous pouvons le voir à la figure 1.1. Les autres questions, trois pour être précis, ont un choix de réponses plus diversifié dû à la nature des questions. Nous verrons plus tard qu'il est très important d'avoir un nombre fixe de réponses. Il existe aussi des dépendances entre les questions et les réponses. Le but des dépendances est d'afficher les questions appropriées en fonction des réponses de l'évaluateur. Étant donné que les questionnaires sont relativement longs, nous jugeons nécessaire de présenter à l'évaluateur uniquement les questions dont il doit obligatoirement répondre. Le nombre de questions auxquelles un évaluateur doit répondre varie entre 59 et 93 pour un

² <http://nemesis.uqtr.ca/erisc/>

projet d'expansion, entre 58 et 149 pour un projet d'exportation et entre 86 et 216 pour un projet d'innovation. Ces dépendances justifient en sorte l'imbrication des questions.

POTENTIEL DE COMMERCIALISATION				
Production				
1-	Est-ce que l'entreprise se chargera de fabriquer elle-même le produit?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2-	Est-ce que les capacités de production actuelles de l'entreprise permettent de produire le nouveau produit?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3-	Un réaménagement des capacités existantes est-il possible?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4-	L'entreprise devra-t-elle procéder à des investissements importants pour développer les aménagements nécessaires pour la production de ce nouveau produit?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5-	L'entreprise dispose-t-elle des ressources financières nécessaires pour réaliser ces investissements?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6-	Est-ce que les fournisseurs d'équipements sont prêts à financer leur achat?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7-	L'entreprise pourra-t-elle obtenir les fonds nécessaires pour réaliser ces investissements auprès d'investisseurs/banquiers potentiels?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Le personnel actuel de l'entreprise est-il suffisamment nombreux et qualifié pour opérer les équipements de production?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figure 1.1 : Extrait du questionnaire représentant la hiérarchie des questions. Nous voyons que cette partie du questionnaire d'innovation possède jusqu'à sept niveaux d'imbrications, en comptant les titres des sections. Les chiffres au côté des questions représentent les niveaux des questions.

Afin de calculer le niveau de risque d'un projet, chaque réponse a été associée à un poids. Ces poids serviront éventuellement au calcul du risque. Les réponses ont donc été pondérées en fonction de leur contribution au niveau de risque. En d'autres mots, plus une réponse contribue à augmenter le risque, plus son poids est élevé. Une fois le questionnaire complété par l'évaluateur, c'est-à-dire lorsque ce dernier aura répondu à toutes les questions requises, il lui sera possible de calculer le niveau de risque total du projet. Pour ce, chaque questionnaire possède un modèle de calcul implicite leur permettant d'effectuer cette tâche. Les modèles de calcul varient d'un questionnaire à l'autre principalement à cause de leur structure interne. Bien que, vu de l'extérieur, les questionnaires semblent fonctionner sous le même principe, leur structure interne diffère à cause des dépendances entre les questions. Le questionnaire d'innovation possède le modèle le plus complexe en raison des nombreuses dépendances entre les questions. Les deux autres questionnaires, en revanche, possèdent des modèles de calcul très semblables et beaucoup plus simple. Les trois modèles ont cependant un point en commun : ils retournent tous un résultat (le niveau de risque) dans un intervalle de 0 à 100; 100 étant un projet très risqué.

Cette section a permis de décrire brièvement les principales composantes continuant les questionnaires du logiciel **eRisC**. Nous reviendrons tout au long de ce document sur les caractéristiques mentionnées ci-haut afin de préciser certains détails qui seront nécessaires à la compréhension de certains objectifs. Une description complète des origines du logiciel ainsi que des objectifs de développement sont aussi disponibles en ANNEXE A.

1.2 Objectifs du mémoire

eRisC est présentement à la disposition d'évaluateurs afin d'analyser le risque de projets. Pour l'instant, l'outil est surtout utilisé afin d'identifier les principaux facteurs de risque. La raison est que nous ne pouvons facilement interpréter les résultats pour le moment. Nous savons qu'un résultat de zéro représente un projet non risqué et que 100 représente en théorie un projet très risqué, mais qu'en est-il des valeurs entre ces limites? D'abord, est-ce que ces limites sont atteignables? Dans le cas où ces limites sont atteignables, est-ce qu'on doit prétendre qu'un risque de 50 équivaut à un risque moyen? Il est donc primordial d'être capable de comprendre les résultats retournés par les questionnaires afin d'assurer le succès de **eRisC**. En dépit d'une recherche étendue de la littérature, nous étions étonnés de découvrir qu'un tel problème ainsi que ses solutions potentielles n'avaient pas encore été documentés. Or, nous avons dû concevoir une façon d'étudier les modèles de calcul afin de pouvoir interpréter les résultats retournés par l'outil.

En plus de cette difficulté d'interpréter les résultats, nous savons que le niveau de risque peut être influencé par certains facteurs extérieurs. Ces facteurs, que nous appelons **facteurs d'incertitude** (ou incertitude), proviennent principalement de l'évaluateur. Que ce soient au niveau de la compétence de l'évaluateur, de sa compréhension du projet ou de ses opinions, ces facteurs influencent de façon plus ou moins importante le niveau final de risque d'un projet. Il est donc essentiel d'identifier tous ces facteurs et d'en déterminer l'effet (négatif ou positif) qu'ils jouent sur le risque. Ces deux points sont les idées directrices menant à l'objectif principal de ce mémoire :

Créer une méthodologie et un modèle permettant d'étudier le comportement mathématique d'un questionnaire hiérarchique informatisé.

Développé pour et testé à l'aide de **eRisC**, nous considérons que la méthodologie résultante de l'objectif principal de ce mémoire pourra s'appliquer à tout questionnaire hiérarchique. Outre sa structure hiérarchique, un questionnaire hiérarchique est caractérisé par (1) un ensemble prédéterminé de réponses acceptables pour chaque question, et (2) la production d'un résultat numérique basé sur la pondération associée à chaque réponse. Afin d'atteindre l'objectif principal, nous devons passer par trois objectifs secondaires, lesquels sont décrits à la suite de cette section. Comme le logiciel **eRisC** est très récent et que nous n'avons trouvé aucune documentation par rapport à ce genre de problème, nous n'avons aucune donnée permettant d'étudier le comportement des questionnaires.

La première étape à franchir afin d'atteindre l'objectif principal est de comprendre le comportement de chacun des questionnaires. Tout d'abord, nous devons tester les limites pratiques des questionnaires. Ceci nous permettra de vérifier si les limites théoriques de 0 et 100 sont bel et bien atteignables. Un second point à étudier sera la dispersion ainsi que la concentration des résultats. Ceci est très important afin de nous aider à interpréter les résultats retournés par l'outil. De plus, à partir de ces données, nous pourrions peut-être trouver une façon plus évidente de présenter le niveau de risque à l'évaluateur; comme par exemple une échelle de

couleur ou une phrase explicative. Le premier objectif secondaire consistera donc à :

Étudier le comportement de chacun des trois modèles de calcul de **eRisC** de façon à pouvoir mieux interpréter les résultats obtenus.

Par la suite, nous tenterons de valider les résultats obtenus en les comparant à des projets "fictifs" qui auront été créés pour fins d'analyse. Cette comparaison sera faite dans le but de vérifier la véracité des résultats obtenus et de tester nos hypothèses émises dans le cadre du premier objectif secondaire. De plus, nous tenterons de vérifier si la nature des projets peut influencer ou modifier notre interprétation du risque. La nature d'un projet (à ne pas confondre avec type de projet) concerne les spécificités propres au projet. Par exemple, pour un même type, il y a des projets technologiques, gouvernementaux, académiques, de divertissement, environnementaux, etc. D'autre part, ces mêmes projets nous permettront de vérifier si les questionnaires sont assez sensibles aux différents facteurs de risque. Le deuxième objectif secondaire consistera donc à :

Créer des projets "fictifs" afin de valider les résultats obtenus dans le premier objectif secondaire mais également pour étudier l'effet des spécificités de divers projets sur le niveau de risque.

Finalement, toujours à l'aide des projets développés lors du deuxième objectif secondaire, nous analyserons les facteurs d'incertitude pouvant influencer le niveau de risque d'un projet. Ces facteurs seront identifiés en même temps que la création des projets afin de pouvoir créer des projets facilitant l'étude de l'incertitude. En d'autres mots, ces projets seront créés en mettant une emphase particulière sur certains facteurs pouvant influencer le risque, comme par exemple des données incomplètes ou utiliser des termes spécifiques à un certain domaine dans l'énoncé du projet. Une fois ces facteurs étudiés, nous tenterons d'élaborer un modèle de calcul d'incertitude afin de gérer l'incertitude. Ce modèle devrait en principe recueillir certaines données propres à chaque évaluateur afin de créer un profil de ce dernier pour mémoriser certaines statistiques tel son expérience. Le troisième et dernier objectif secondaire consistera donc à :

Identifier et étudier la "sensibilité" des modèles de calcul par rapport aux différents facteurs d'incertitude à l'aide de projets pour ensuite proposer un modèle de calcul permettant de gérer l'incertitude par rapport au résultat retourné par **eRisC**.

Les objectifs décrits dans cette section nous permettront de mieux comprendre les questionnaires constituant le logiciel **eRisC**. Nous ne prétendons pas que les démarches suivies nous permettront de comprendre parfaitement leur comportement, par contre, nous serons en mesure de mieux interpréter les résultats retournés par l'outil. Ces démarches nous aideront aussi à déterminer si nous devons modifier les modèles de calcul et/ou les pondérations des différentes réponses. Dès le chapitre suivant, nous verrons comment l'incertitude peut influencer le résultat final émis par **eRisC**.

1.3 Démarche et méthodologie de travail

Malgré une recherche exhaustive dans la littérature, nous n'avons trouvé aucune documentation par rapport à un problème semblable. Il a donc fallu trouver une méthodologie efficace afin d'atteindre les objectifs du mémoire. Cette dernière devrait donc nous permettre :

1. d'avoir une meilleure compréhension des modèles de calcul sous-jacents aux trois questionnaires;
2. d'étudier l'influence de la nature des projets sur le niveau de risque;
3. de comprendre l'effet des différents facteurs d'incertitude sur le résultat final.

Nous avons opté de procéder en deux phases : la génération de résultats et l'étude de cas. La génération de résultats consiste à trouver tous les résultats possibles retournés par chacun des questionnaires. Étant donné que le nombre de combinaisons possibles de réponses est énorme, nous avons dû construire un programme afin de retourner tous les résultats possibles. Ce programme, que nous appelons **générateur de résultats**, permet de fabriquer un arbre de décisions représentant toutes les possibilités de réponses. Lorsque nous aurons récupéré tous les résultats, nous serons en mesure de créer un graphique de la fréquence des résultats, c.-à-d. du nombre de fois qu'un même résultat peut être atteint, en fonction du résultat lui-même. Ce graphique, que nous appellerons **CGR** (courbe globale des résultats), nous permettra tout d'abord de confirmer ou d'infirmer si les résultats varient bien entre 0 et 100. Nous serons aussi en mesure de visualiser la dispersion des résultats. Cette mesure pourra, à la limite, nous forcer à nous questionner sur la pondération des réponses ainsi que sur le modèle de calcul lui-même. Finalement, à l'aide des CGR, nous tenterons d'expliquer les résultats retournés par **eRisC**. En effet, pour le moment il nous est très difficile d'interpréter les résultats finaux. Donc, au lieu de présenter le résultat final sous forme de pourcentage, nous voulons le présenter d'une autre façon de sorte qu'il ait une plus grande signification. Or, nous ne savons pas exactement quelles conclusions nous allons pouvoir tirer de cette expérience, mais cette étape s'avère essentielle dans notre étude.

L'étude de cas, tant qu'à elle, nous permettra d'étudier l'influence que la nature des projets peut avoir sur le niveau de risque. De plus, ces cas nous permettront d'analyser l'effet des différents facteurs d'incertitude, en particulier des effets provenant de l'évaluateur. Les cas étudiés sont des projets fictifs créés par des experts en évaluation de risque. Les experts devront donc créer plusieurs sortes de projets : des projets de types différents, de natures différentes, de niveaux de risque différents³ ou des projets mettant l'emphasis sur un/des facteur(s) d'incertitude particulier(s). Tous ces projets seront évalués par un certain nombre de personnes. Les résultats obtenus par les divers évaluateurs seront ensuite comparés dans le but d'étudier certains facteurs d'incertitude. Finalement, nous serons en mesure de comparer la courbe résultante de chaque projet par rapport à

³ Créer un projet, par exemple très risqué, de sorte à déterminer dans quelle portion du graphique se situera le résultat final. Si le résultat retourné par l'outil pour un projet très risqué est de 14.31/100 par exemple, ceci nous indiquerait qu'il y a un problème soit au niveau du modèle de calcul, soit au niveau de la pondération des réponses.

la CGR correspondante au type de questionnaire. Nous espérons que cette comparaison des courbes nous permettra de déterminer si la nature d'un projet influence réellement l'interprétation du niveau de risque final. Plus nous évaluerons de projets, plus nous serons éventuellement en mesure de formuler des conclusions précises par rapport aux trois questionnaires de **eRisC**. De même, plus un projet sera évalué par un nombre élevé de personnes, plus les résultats de l'étude tendront à être fiables et représentatifs de la réalité. Cette méthodologie sera décrite en détail dans la partie II.

1.4 Structuration du document

Le document est séparé en trois parties. La première discute presque exclusivement de l'incertitude. Dans le chapitre 2, nous introduirons l'incertitude de façon générale, dans la vie de tous les jours. Le chapitre suivant traitera des méthodes mathématiques existantes afin de traiter l'incertitude. Nous concluons cette partie toujours en discutant de l'incertitude, mais cette fois-ci par rapport à **eRisC**. La seconde partie discute de la démarche suivie afin d'étudier le comportement des modèles de calculs (chapitre 5) ainsi que celle suivie pour l'évaluation de projets (chapitre 6). Finalement, la troisième partie fait le bilan des résultats. Le chapitre 7 discutera des résultats obtenus à partir des études faites dans les chapitres 5 et 6. Par la suite, nous reviendrons sur les facteurs d'incertitude (chapitre 8) afin de proposer un modèle de calcul permettant de traiter l'incertitude dans les résultats retournés par chacun des questionnaires. Le document prendra fin avec un résumé des objectifs ainsi que des résultats dans le chapitre 9.

Chapitre 2

Incertitude

L'incertitude et l'ignorance sont des phénomènes étroitement reliés. En effet, l'incertitude est souvent causée par l'ignorance de certains facteurs ou de certaines données dans une situation, un contexte, ou un événement quelconque. De nos jours, l'incertitude est présente plus que jamais et elle peut se manifester sous plusieurs formes. De plus, nous sommes présentement dans une période où nous tentons même de reproduire les comportements humains permettant de raisonner en situation d'incertitude et/ou d'ignorance par des machines et des systèmes informatiques.

Ce chapitre permet d'expliquer en détail ce qu'est l'incertitude, son importance ainsi que son rôle dans diverses situations. Nous aborderons tous ces éléments afin d'avoir une meilleure compréhension de ce qu'est l'incertitude, mais aussi de ce qu'elle implique dans le contexte de ce travail. Nous verrons :

- 2.1 Incertitude et informatique**
- 2.2 La connaissance et l'ignorance**
- 2.3 L'incertitude dans le contexte de eRisC**

2.1 Incertitude et informatique

L'incertitude par rapport à une situation, un contexte, ou un événement est présente dans notre vie quotidienne. Dans n'importe quelle situation, lorsque nous prenons une décision, nous devons étudier notre environnement de façon à obtenir un maximum d'information dans le but de prendre la décision qui nous semble la meilleure selon certains critères. Or, il est relativement facile, pour l'humain, d'analyser ces informations pour en tirer une conclusion qu'il juge adéquate. Nous possédons cependant rarement toutes les connaissances et les informations nécessaires pour prendre nos décisions : mauvaise compréhension du problème ou de la situation, connaissances insuffisantes dans le domaine, impossibilité d'obtenir certaines informations, etc. D'autres facteurs tels les facteurs émotionnels et sentimentaux, l'éducation, le contexte social dans lequel se situe la personne devant prendre la décision, ainsi que les croyances⁴ de ce dernier viennent souvent contrarier notre bon jugement. Certaines décisions peuvent avoir des conséquences néfastes, voire même mortelles si elles sont prises sur le coup de l'émotions; mais cela va au delà des objectifs de ce document.

⁴ Valeurs morales, opinions en général, croyances religieuses, en fait tout ce qui définit une personne. Les croyances nous sont bien souvent inculquées ou influencées par la société, surtout par nos proches.

Malgré la complexité de certains problèmes, l'être humain parvient à trouver une solution aux différents problèmes grâce à sa capacité de raisonner. De même, certains problèmes n'ont pas de solution unique. Dans ce cas, une décision sera prise en fonction des informations disponibles à ce moment. Par contre, certaines solutions/conclusions sont parfois meilleures que d'autres, mais cela dépend encore une fois de chaque individu; ce qui est la meilleure décision pour un individu ne l'est pas forcément pour un autre. Ceci est grandement dû à l'expérience et aux croyances de chaque individu. En effet, plus une personne est expérimentée dans un domaine, plus elle sera en mesure de prendre en considération des subtilités pouvant survenir et ainsi prendre une décision au meilleur de son jugement; ce qu'une personne inexpérimentée pourrait difficilement faire. C'est en fait une des raisons pour lesquelles l'être humain est capable de prendre des décisions de façon rapide ; il est capable, parmi les nombreuses informations qu'il détient, de sélectionner uniquement les informations les plus pertinentes [1] et de faire abstraction des autres.

Nous sommes présentement dans une période où nous tentons de créer des machines et des systèmes capables d'exécuter des fonctions telles que : raisonner, comprendre, prévoir, résoudre un problème, percevoir et reconnaître son environnement et parfois même s'auto-programmer. Un être humain est créé pour agir ainsi, pas une machine; et tout comme les humains, les systèmes n'ont pas toujours accès à toutes les données pertinentes de leur environnement ou de la situation considérée. Les domaines tels les systèmes experts et l'intelligence artificielle tentent de reproduire ces fonctionnalités. Le grand dictionnaire terminologique [19] définit un système expert comme étant un système informatique permettant de résoudre les problèmes dans un domaine d'application déterminé à l'aide d'une base de connaissances établies à partir de l'expertise humaine. De plus, il est composé essentiellement d'une base de faits et d'un moteur d'inférence. Les systèmes experts sont employés notamment en médecine, pour établir des diagnostics [12, 20] (CAPSULE, CADMIUM, RAGs, ERA et REACT), dans le domaine financier, les assurances, la réparation d'équipement et même en criminologie afin de produire le profil géographique d'un crime (Rigel [24]) ou le profil d'un criminel (Vicap et Viclas [23]). De même, [19] définit l'intelligence artificielle comme étant une discipline scientifique relative au traitement des connaissances et du raisonnement humain dans le but de les reproduire artificiellement et ainsi de permettre à un appareil d'exécuter des fonctions normalement associées à l'intelligence humaine : raisonnement, compréhension, adaptation, etc. En intelligence artificielle, certains agents intelligents sont conçus de façon à avoir le choix d'exécuter ou de refuser d'exécuter une action ou un traitement en fonction des objectifs que chacun doit accomplir. Ces agents agissent en se basant sur des théories mathématiques, notamment la théorie de Bayes et la théorie de l'évidence que nous détaillerons dans le chapitre 3.

Nous allons terminer cette section en listant quelques définitions du mot incertitude tirées de différentes sources :

- Situation de risque dans laquelle on ne connaît pas et on ne peut pas raisonnablement estimer les probabilités de réalisation des événements, résultats et conséquences [19].

- Situation caractéristique d'un avenir non prévisible qui rend difficile la décision dans le présent. Cette situation est causée par la présence soit d'adversaires s'efforçant de contrer les efforts du décideur, soit de facteurs aléatoires [19].
- Facteur d'imprécision ne permettant pas de connaître avec exactitude tous les paramètres d'un système ou d'un processus donné, et dont il faut tenir compte pour rendre celui-ci robuste. L'incertitude est une notion fondamentale en robotique. Elle peut porter sur les données sensorielles, en raison de l'imprécision des capteurs, sur la position du robot, sur les erreurs de commande, etc. [19]
- Estimation caractérisant l'étendue des valeurs dans laquelle se situe la valeur vraie d'une grandeur mesurée. L'incertitude de mesure comprend, en général, plusieurs composantes. Certaines peuvent être estimées en se fondant sur la distribution statistique des résultats de séries de mesurages et peuvent être caractérisées par un écart-type expérimental. L'estimation des autres composantes ne peut être fondée que sur l'expérience ou sur d'autres informations [19].
- Incertitude d'un résultat de mesures par suite des erreurs occasionnelles et systématiques [19].
- Synonymes : indéterminé, imprévu, mal connu, prête au doute [21, 22].

2.2 La connaissance et l'ignorance

L'incertitude est tellement présente dans nos vies que parfois nous ne nous rendons même pas compte qu'elle existe. Nous profitons donc de cette section pour aider le lecteur à comprendre davantage les différentes facettes de l'incertitude. L'incertitude découle de l'**ignorance** et de la **connaissance**. L'ignorance est l'absence de la connaissance, de l'expérience, de l'éducation, de la culture et/ou de l'information dans un domaine ou une situation déterminée. Elle peut être vue comme ayant une classification hiérarchique basée sur différentes sources comme le démontre la figure 2.1 (avec une brève description pour chaque source fournie dans le tableau 2.1). La connaissance (figure 2.2), tant qu'à elle, est un ramassis d'informations obtenues de diverses façons et de différents objets⁵. Or ces connaissances ne sont pas toujours véridiques. En effet, certaines sources ou personnes peuvent nous soumettre des informations erronées. Même nos croyances peuvent altérer le degré de vérité des informations reçues. La combinaison de ces informations pas toujours fiables et de l'ignorance résultent donc en incertitude.

⁵ Lieu, source, période où l'on assimile les connaissances.

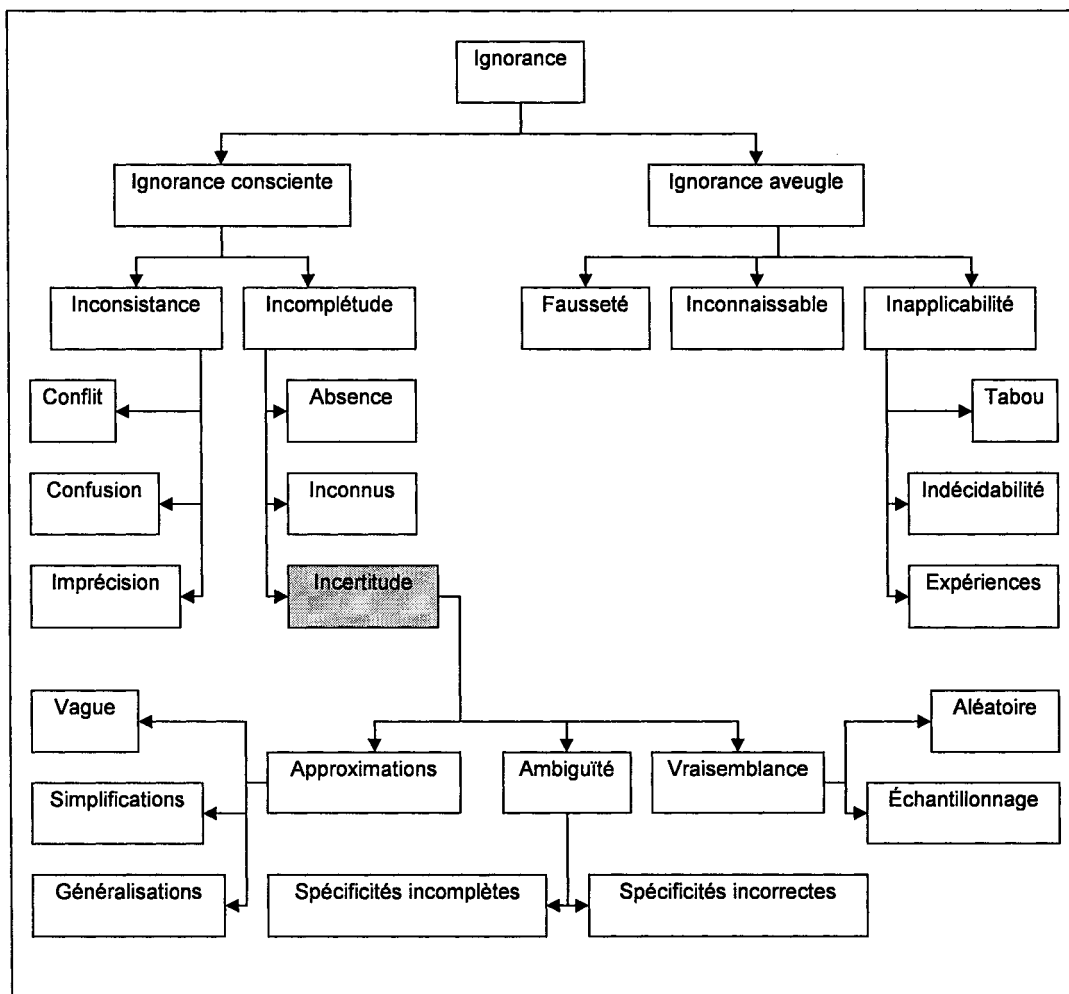


Figure 2.1 : Hiérarchie de l'ignorance. Le tableau 2.1 résume les termes utilisés dans cette figure. (Traduction de : *Elicitation of expert opinions for uncertainty and risks*. Bilal M. Ayyub [15])

Terme	Sens / Signification
Ignorance consciente	Être conscient de sa propre ignorance.
Inconsistance	L'inconsistance dans les connaissances peut être attribuée à la distorsion des informations résultant d'imprécision, de conflits, de contradiction et/ou de confusion.
Confusion	Substitutions fausses ou erronées.
Conflit	Associations ou substitutions contradictoires ou incompatibles.
Imprécision	Biaisé ou faux jusqu'à un certain degré.
Incomplétude	Connaissances incomplètes dues à l'absence ou à l'incertitude.
Absence	Incomplet en soi.
Inconnus	Différence entre l'état de la connaissance en devenir et l'état de la connaissance actuelle.
Incertain	Connaissances incomplètes dues au manque de stabilité dans la connaissance actuelle.
Approximations	Processus incluant l'utilisation de sémantiques vagues dans le langage, le raisonnement approximatif et la gestion de la complexité en mettant l'emphasis sur la pertinence.
Vague	Flexibilité des critères d'appartenance et de non-appartenance d'un élément à un ensemble ou un champ d'intérêt.
Simplifications	Hypothèses nécessaires afin de rendre un problème ou une solution traitable.
Généralisations	Approximation d'un ensemble non flou par des sous-ensembles d'une partition sous-jacente de l'univers de l'ensemble qui bornerait l'ensemble d'intérêt.
Ambiguïté	Possibilité d'avoir plusieurs résultats pour des processus ou des systèmes.
Spécificités incomplètes	Résultats ou tâches n'ayant pas été complètement définis.
Spécificités incorrectes	Résultats ou tâches ayant été définis incorrectement.
Vraisemblance	Défini par ses composantes aléatoires, statistiques et modélisés.
Aléatoire	Impossibilité de prédire les résultats.
Échantillonnage	Échantillons versus la population.
Ignorance aveugle	Être ignorant de sa propre ignorance; aussi appelé meta-ignorance.
Fausseté	Croyances erronées dues à des notions fausses ou corrompues.
Inconnaissable	Connaissances ne pouvant pas être atteintes par les humains à cause de leur progression évolutive courante ou à cause des limites humaines, et peuvent être atteintes uniquement à travers des "sauts quantiques" par les humains.
Inapplicabilité	Ne pas tenir compte de; laisser de côté.
Tabou	Sujets ne devant pas être connus, abordés, questionnés ou investigués.
Indécidabilité	Énoncé qui, à partir des axiomes d'une théorie donnée, ne peut être ni démontré ni réfuté; ou solution insoluble.
Expériences	Intuition des experts ne pouvant être négociée avec d'autres en termes de pertinence cognitive.

Tableau 2.1 : Taxonomie de l'ignorance. Représentation hiérarchique de la figure 2.1.
(Traduction de : *Elicitation of expert opinions for uncertainty and risks*. Bilal M. Ayyub [15]).

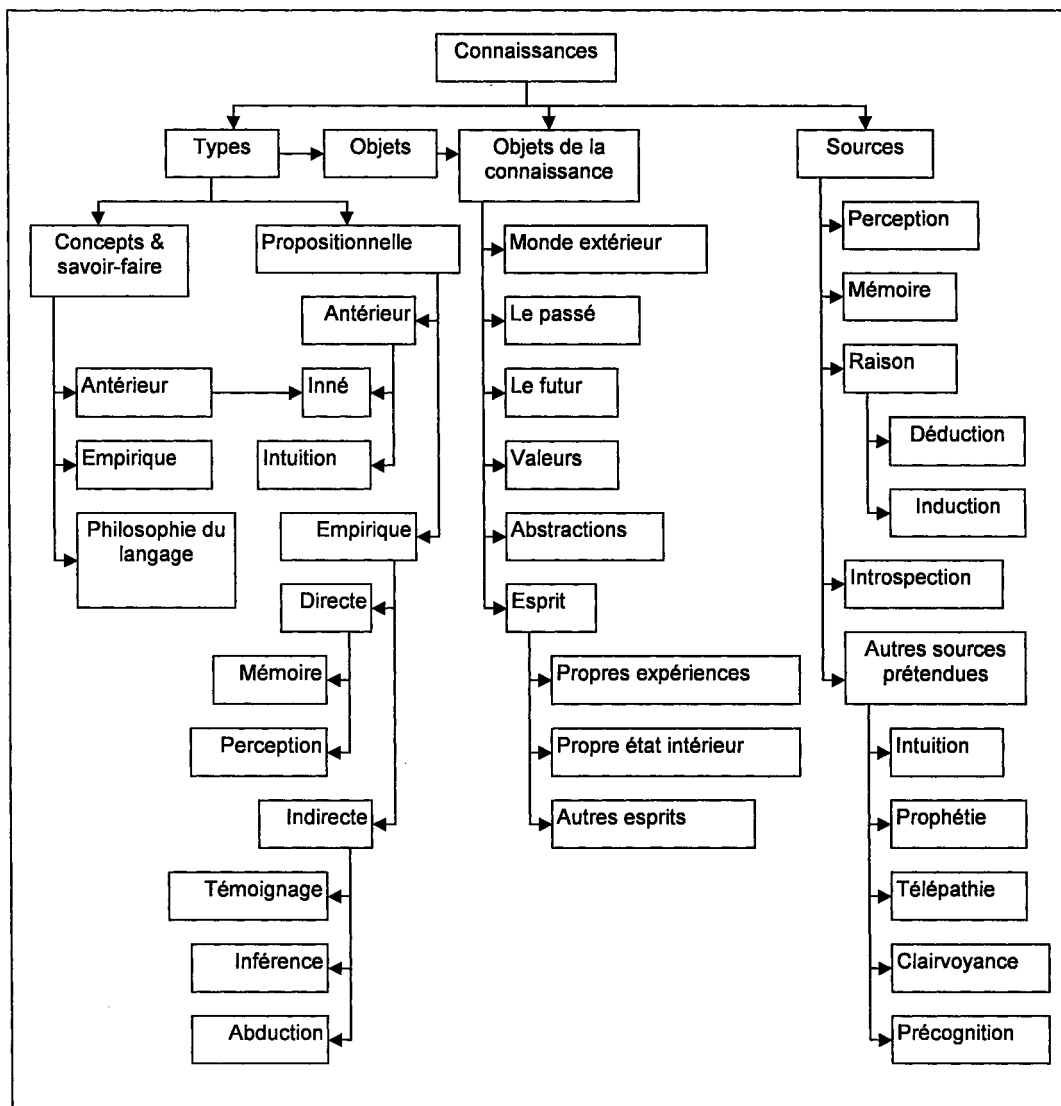


Figure 2.2 : Types, objets et sources de connaissance. (Traduction de : *Elicitation of expert opinions for uncertainty and risks*. Bilal M. Ayyub [15]).

Regardons plus en détails ce qu'est exactement la connaissance. La connaissance est un processus itératif (voir figure 2.3) qui consiste à (1) recueillir de l'information. Cette information peut être reçue de diverses façons comme par exemple, la communication (lectures, audio-visuel, langage, etc.) et les sens (le toucher, l'odorat, etc.). L'information assimilée, est ensuite soumise à (2) un processus dialectique où elle sera mise à l'épreuve par d'autres experts ou n'importe quel individu ayant une opinion par rapport à cette information. Durant le processus dialectique, l'information préalablement recueillie pourra être altérée de façon plus ou moins significative. L'information résultante, qu'elle soit vraie ou fausse est ensuite (3) entreposée dans une base de connaissances, laquelle pourra ensuite être (4) testée ou utilisée. Suite à l'utilisation de la connaissance, certaines informations seront remises en question et le processus évolutif s'en suivra. Ce

processus nous pousse donc à étudier, à investiguer et à réfléchir davantage sur cette information afin de mettre notre base de connaissances à jour.

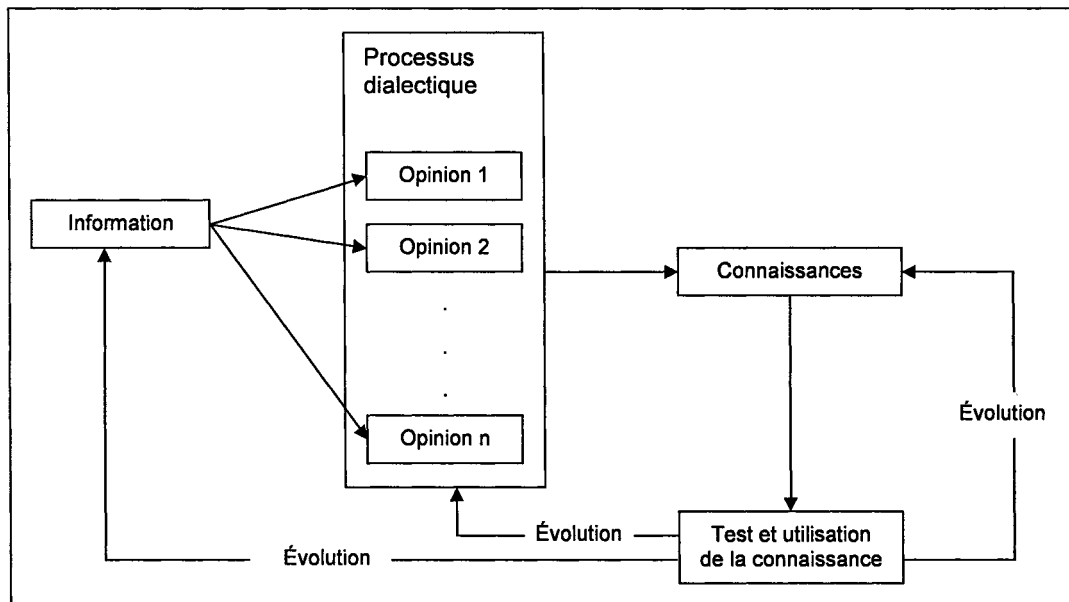


Figure 2.3 : Cycle de la connaissance. (Traduction de : *Elicitation of expert opinions for uncertainty and risks*. Bilal M. Ayyub [15]).

Généralement, les humains tendent à mettre l'emphase sur ce qui est connu et non sur ce qui est inconnu. En effet, nous avons l'habitude de tenir compte uniquement des connaissances et des informations qui nous sont disponibles, ce qui parfois laisse de côté l'ignorance de façon intentionnelle ou non intentionnelle. Par ailleurs, l'information (ou la connaissance) peut être trompeuse dans certaines situations car elle n'exprime pas toujours le contenu de vérité souhaité. Les langues naturelles sont sujettes à ce genre de situation. Considérons un exemple de la langue anglaise tiré de [15] : Soit l'énoncé « Expert A informed Expert B », il nous est impossible d'affirmer *directement* le contraire; nous devons utiliser la négation telle que « Expert A did not inform Expert B ». Si nous modifions l'énoncé pour « Expert A misinformed Expert B » ou « Expert A ignored Expert B », nous changeons complètement la connotation de l'énoncé. On voit par cet exemple que la modification d'un mot peut venir complètement altérer le contenu de l'information. Donc, ce qu'une personne pensait vrai est en fait faux, faussant ainsi certaines données de sa base de connaissances.

D'après la figure 2.4, nous pouvons noter deux types de connaissances principales, soient les connaissances évolutives infaillibles (CEI) et les connaissances fiables (CF). Les CEI, représentées par le rectangle supérieur droit, sont les connaissances qui ont fait leurs preuves à travers le temps ou ce sont des connaissances (dont nous connaissons ou ne connaissons pas l'existence) que nous ne pouvons prouver pour l'instant, à cause des limites humaines ou de la nature évolutive des connaissances. Certaines CEI peuvent donc être

intrinsèquement inatteignables, justement à cause de l'inconnu et/ou de l'inconnaissable. L'état des CF est représenté par le rectangle inférieur de cette même figure. Ce type de connaissance, représentant l'état présent des connaissances par rapport à un sujet selon un processus évolutif, est un ensemble de savoir-faire, d'objets et de prépositions ayant un niveau de vérité raisonnable. En d'autres mots, son contenu n'est pas totalement vrai et des faussetés peuvent s'y glisser comme nous avons vu dans l'exemple du paragraphe précédent. Étant donné leur nature évolutive, les CF doivent constamment être remises à jour.

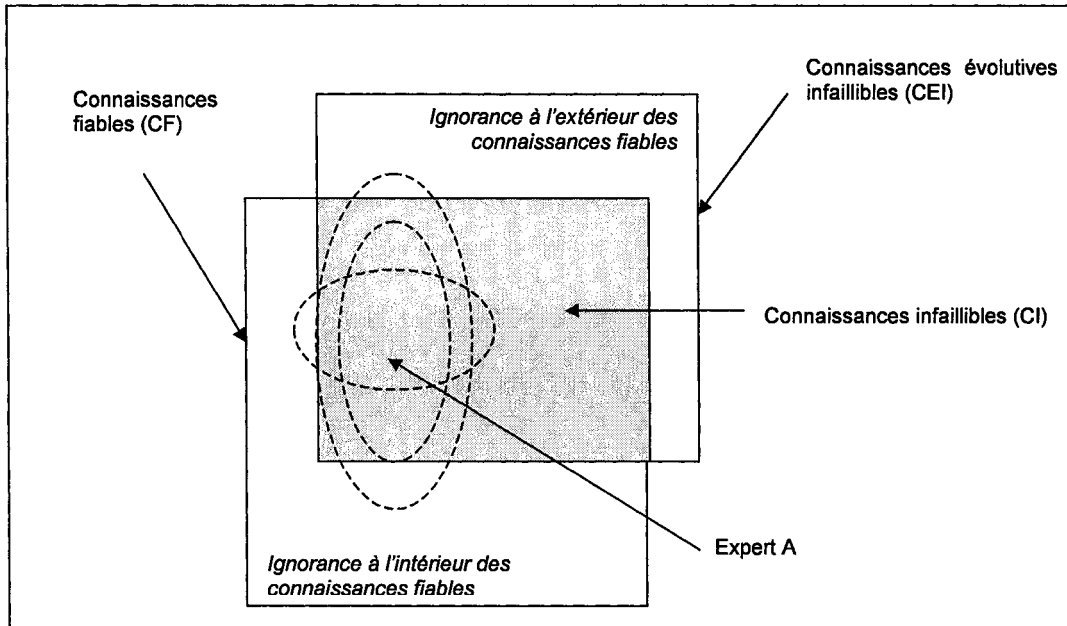


Figure 2.4 : Connaissance et ignorance humaine. (Traduction de : *Elicitation of expert opinions for uncertainty and risks*. Bilal M. Ayyub [15]).

À l'intersection des CEI et des CF se trouvent les connaissances infaillibles (CI), que nous pouvons représenter par la formule :

$$CI = CEI \cap CF$$

Les CI sont définies comme étant les connaissances ayant survécu aux processus dialectiques des humains et de la société ainsi qu'aux tests du temps et d'utilisation. En d'autres mots, ces connaissances sont présentes depuis plusieurs années et sont reconnues comme étant vraies par les experts et la société. Le rectangle résultant de l'intersection des CEI et des CF, soit CI, permet de mieux visualiser la séparation entre les connaissances vraies et les connaissances fausses; ces dernières résultant d'ignorances diverses telles que nous l'avons vue dans la figure 2.1.

Il est possible de représenter de façon graphique les connaissances d'un expert, Expert A dans notre cas, par rapport à un sujet quelconque comme l'illustre la figure 2.4. L'état des connaissances de l'Expert A est définie par trois ellipses, soient :

1. Un sous-ensemble de connaissances évolutives reconnues que l'expert a acquises, développées et expérimentées relativement au sujet en question;
2. Ses propres connaissances du sujet telles qu'il les perçoit;
3. La perception des autres sur les connaissances de l'expert vis-à-vis le sujet.

Dans notre exemple, les ellipses de la figure ne correspondent pas spécifiquement à l'une des ellipses énumérées ci-haut. Elles ont été dessinées de cette façon afin de montrer qu'une ellipse pouvait avoir n'importe quelle dimension et n'importe quelle position dans la figure. L'idéal serait que les trois ellipses soient les mêmes, mais c'est rarement le cas. Il arrive parfois que l'ellipse (1) soit plus petite que l'ellipse (2). Cette différence est une mesure de l'excès de confiance de l'expert et est souvent le résultat de son ego. Finalement, les connaissances de l'expert peuvent s'étendre au delà des connaissances fiables jusque dans la région des connaissances évolutives infaillibles. Ce débordement est le fruit de l'imagination et de la créativité de l'expert. Un autre expert (Expert B) aurait ses propres ellipses, lesquelles pourraient chevaucher ou non les ellipses de l'Expert A, et pourraient occuper d'autres régions dans la figure.

2.2.1 Les causes de l'incertitude

L'incertitude peut se manifester sous plusieurs formes. En voici une brève liste :

- Le manque d'information sur un domaine et/ou une situation;
- La mauvaise interprétation des résultats;
- Le changement des informations dans le temps;
- Une mauvaise pondération;
- Des erreurs dans le système permettant l'analyse;
- Des erreurs dans les calculs;
- Un mauvais théorème;
- L'imprécision / l'ambiguïté;
- Les sentiments / les émotions;
- Les mensonges / les réponses erronées;
- Le mauvais calibrage des instruments de mesure;
- Des données corrompues ou biaisées;
- etc.

La discussion détaillée de ces causes n'est pas nécessaire car elles touchent l'incertitude de façon générale et non par rapport à **eRisC**. Dans la prochaine section, nous précisons ce qu'est l'incertitude dans l'optique de **eRisC**.

2.3 L'incertitude dans le contexte de **eRisC**

Comme nous venons de le voir, l'incertitude est très complexe et implique plusieurs facteurs. Dans le cadre de ce document, l'incertitude représente *tous les facteurs, plus ou moins difficilement identifiables ou mesurables, pouvant influencer le résultat final émis par eRisC*. Dans notre cas, nous voulons être en mesure de calculer cette incertitude afin de l'intégrer dans le résultat final présenté à l'évaluateur. Le but consisterait donc à créer un certain intervalle dans lequel se situerait le niveau de risque.

Étant donné que les évaluateurs utilisent les mêmes modèles de calcul, nous ne pouvons établir que ces derniers sont mal construits ou ne sont pas complets car le résultat final est calculé de la même façon pour tous les projets d'un même type. Pour l'instant, néanmoins, nous n'associerons pas l'incertitude au modèle de calcul, ni à la pondération des réponses. L'évaluateur devient donc la principale source d'incertitude pouvant altérer le niveau de risque. Que ce soit au niveau de sa compréhension du projet, de son appréciation du projet, de sa connaissance du logiciel **eRisC** ou simplement de son expérience, tous ces facteurs humains peuvent causer une variance au niveau des résultats finaux. Ceci dit, pour un même projet, 10 évaluateurs pourraient obtenir des niveaux de risque différents. Il est donc essentiel d'identifier tous ces facteurs afin d'obtenir un résultat le plus précis possible. Ces facteurs feront l'objet de la section 4.3.

Afin de tenter de comprendre certaines caractéristiques de l'incertitude, nous avons classé les questions des trois questionnaires en deux catégories : les **questions factuelles** et les **questions perceptuelles**. Ceci nous permettra éventuellement de faciliter notre étude et sur l'incertitude, et sur la nature des projets comme nous le verrons dans les chapitres 5 et 6. Lors de l'évaluation d'un projet, il y a une partie objective et une partie subjective. La partie subjective est mesurée en quelque sorte par les questions perceptuelles, c'est-à-dire que les réponses à ces questions sont laissées au jugement du répondant. Il n'est donc pas surprenant que les réponses à ces questions varient d'un évaluateur à l'autre. En revanche, la partie objective d'un projet est mesurée par les questions factuelles. Comme son nom l'indique, ces questions font appels à des faits observables ou des données qui, en théorie, ne devraient pas varier d'un évaluateur à l'autre. Les réponses à ces questions devraient être identiques pour tous les évaluateurs. Dès lors, nous serons en mesure de déterminer si l'incertitude est reliée grandement, en partie ou aucunement aux questions perceptuelles.

Chapitre 3

État de l'art

Ce chapitre fait la lumière sur les différentes techniques servant à mesurer l'incertitude et tente de faire le lien entre des ouvrages ayant déjà été écrits et les objectifs du mémoire. Nous verrons :

3.1 Les opinions d'experts

3.2 Les différentes approches face à l'incertitude

3.1 Les opinions d'experts

Nous interagissons avec des experts⁶ sur une base régulière. Que ce soient des météorologues, des médecins, des professeurs, des commentateurs sportifs, des mécaniciens, etc., ces personnes sont là pour nous transmettre leurs connaissances ainsi que le fruit de leurs expériences. Dans [15], Ayyub fait la lumière sur le rôle des experts, plus particulièrement des répercussions que peuvent avoir leurs opinions dans différents contextes. Sans aucun doute les experts sont des sources d'information et de connaissances précieuses, mais leurs opinions peuvent agir comme couteau à deux tranchants. D'un côté, leur utilité est grandement appréciée par les non-initiés du domaine, mais d'un autre côté, elles peuvent être biaisées en ce sens que chaque personne compétente a ses propres croyances et son propre bagage d'expérience. Ceci dit, il vaut mieux recueillir l'opinion de plusieurs experts afin d'en faire une synthèse plutôt que de se fier uniquement aux dires d'une seule personne. Il est aussi sage de rejeter les opinions qui nous semblent fausses ou biaisées. Reconnaître qu'il y a un risque d'incertitude dans les options d'experts est un pas dans la bonne direction.

Dans toutes évaluations il y a une partie subjective qui vient influencer le résultat final. L'évaluation de projets avec **eRisC** n'y fait pas exception. Nous tentons cependant de minimiser le plus possible le facteur subjectif de l'évaluateur. En effet, les questionnaires sont composés en majorité de questions à caractère objectif (questions factuelles) et le restant des questions (questions perceptuelles) est bien entendu à caractère subjectif. Les questions objectives font l'objet principalement de faits observables ou de données, tandis que les questions subjectives font surtout appel à l'expérience, à l'expertise ainsi qu'à l'opinion de l'évaluateur. L'évaluation finale est donc basée sur le niveau intrinsèque de risque dans le projet lui-même ainsi que sur les experts, soient l'évaluateur et l'outil **eRisC** (figure 3.1). Le fait d'évaluer un projet par deux experts pourrait permettre (en principe) d'analyser ce dernier de façon plus juste et beaucoup plus objective [15]. De son côté, l'évaluateur amène un esprit critique et pratique lors de l'évaluation d'un projet tandis que l'outil permet autant que possible d'évaluer un projet en faisant abstraction des facteurs extérieurs tels les opinions et les préjugés (négatifs

⁶ Personnes possédant des connaissances spécialisées dans un domaine; connaissances généralement obtenues par l'éducation et par des expériences personnelles [19].

ou positifs) envers le projet. C'est pourquoi nous devons tenir compte du domaine d'expertise ainsi que de l'expérience de l'évaluateur lors de l'évaluation. Dès lors, l'évaluateur pourra se baser sur ses expériences passées pour juger de la qualité et de la faisabilité d'un projet.

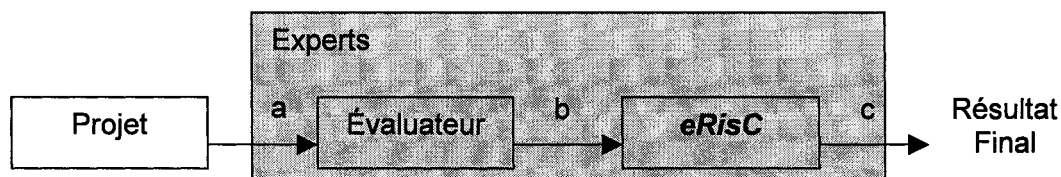


Figure 3.1 : Le processus d'évaluation d'un projet se sépare en deux blocs : le projet et les experts. a) représente le degré de compréhension du projet par l'évaluateur, b) représente le modèle personnel d'évaluation de l'évaluateur et c) représente l'incertitude par rapport au résultat final de *eRisC*.

Jean Piaget (1896-1980) définit l'**intelligence** comme étant un processus d'adaptation à son environnement, une situation, où chaque personne acquiert un ensemble de modèles mentaux personnels leur permettant d'agir ou de réagir dans des situations données. Ces modèles mentaux sont propres à chaque individu et peuvent être (doivent être) révisés en tout temps afin de mettre à jour sa base de connaissances [7] dans le but de supprimer toute opinion ou conclusion pouvant être biaisée ou fausse. C'est aussi le rôle de l'évaluateur de réaliser qu'un modèle ne s'applique pas nécessairement à toutes les situations, même si elles se ressemblent. Prenons l'exemple, toujours dans [7], de l'effondrement des tours de refroidissement CEGB (Central Electricity Generating Board) à Ferrybridge. Un regroupement de huit tours s'est effondré sous l'effet du vent suite à une étude incomplète sur l'impact du facteur éolien sur les tours. En effet, des tests sur le facteur éolien ont été effectués sur une tour déjà existante, puis ces résultats ont été utilisés pour construire l'ensemble des huit tours de Ferrybridge. Étant donné que les conditions éoliennes des huit tours étaient différentes de la tour utilisée lors de l'étude, l'ensemble des tours s'est effondré sous la force du vent. Si nous transposons cet exemple dans le cadre de l'évaluation de projets, ceci démontre que même si deux projets paraissent semblables, parfois ce sont les petites différences entre les projets qui peuvent influencer le risque.

En combinant donc les aspects raisonnement et logique de l'évaluateur à l'aspect inflexibilité⁷ du logiciel, le résultat final par rapport à l'évaluation devrait, en principe, être beaucoup plus précis aux yeux de l'évaluateur, mais l'est-il aux yeux de tous? En d'autres mots, est-ce que les résultats obtenus pour l'évaluation d'un même projet seront les mêmes que pour les évaluateurs E_1 , E_2 , E_3 , etc. La réponse est évidemment non. En effet, comme nous l'avons déjà mentionné, chaque expert a son propre bagage d'expérience et ses propres opinions; donc un projet intéressant pour un évaluateur pourrait ne pas l'être pour un autre. Il faut donc trouver un moyen pour minimiser les écarts obtenus entre les points a) et c) de la figure 3.1. Ce moyen consiste entre autres à identifier les facteurs d'incertitude personnels qui

⁷ L'outil évalue le projet en fonction de facteurs fixes, indépendamment de la nature particulière du projet, car ce sont des questions génériques.

pourraient varier d'un évaluateur à l'autre. Nous élaborerons davantage sur ces différents facteurs dans le chapitre suivant.

3.2 Les différentes approches face à l'incertitude

Différentes lectures ont permis de mettre en évidence deux approches permettant d'évaluer et de gérer l'incertitude : l'**approche quantitative** et l'**approche qualitative**. L'approche quantitative regroupe tous les modèles classiques permettant de calculer des probabilités tels le modèle de Bayes, les réseaux de croyance, la théorie de l'évidence de Dempster-Shafer et la théorie de l'utilité. Quant à elle, l'approche qualitative est une approche relativement récente qui consiste non pas à mettre des valeurs quantitatives aux probabilités, mais plutôt à leur attribuer des valeurs linguistiques telles "certains", "parfois", "plusieurs" et "beaucoup". Le reste de cette section aidera à mieux comprendre ces deux approches.

3.2.1 Approche quantitative

Un nombre incalculable de livres et d'articles traitent des théories quantitatives. Parmi ceux-ci, notons [1, 6, 8, 10, 12, 13, 16, 18]. Les deux prochaines parties sont de brefs rappels par rapport aux notations fondamentales de probabilités, soient les probabilités inconditionnelles et conditionnelles. Ces notions aideront à mieux comprendre la théorie de Bayes, décrite immédiatement après, soit au point 3.2.1.3. Tous les exemples présentés dans cette section ont été tirés de "Artificial intelligence, a modern approach, 1^{ère} édition" [18].

3.2.1.1 Probabilité à priori (inconditionnelle)

Nous utilisons la notation $P(A)$ pour désigner la probabilité inconditionnelle que la proposition A soit vraie. Une probabilité inconditionnelle est une probabilité qui peut être d'origine subjective, ou fondée sur des données historiques ou des études préalables. Par exemple, si *Carie* désigne la proposition qu'un patient ait une carie,

$$P(\text{Carie}) = 0.1$$

ceci veut dire qu'en l'absence de toute autre information, il y a une probabilité de 0.1 (10% de chance) que l'événement "le patient a une carie" soit vrai. Il est important de se rappeler que $P(A)$ peut être utilisé seulement lorsqu'il n'y a aucune autre information de disponible. Aussitôt qu'une nouvelle information B est connue, nous devons raisonner avec la probabilité conditionnelle de A sachant B . Nous verrons cette situation un peu plus loin dans le texte.

Nous pouvons également utiliser des expressions telles que

$$P(\text{Carie}, \text{Assuré})$$

pour représenter la probabilité de toutes les combinaisons des valeurs dans l'ensemble. Dans ce cas, $P(\text{Carie}, \text{Assuré})$ représente une table de 2 X 2 de probabilités :

	Assuré	¬Assuré
Carie	0.35	0.15
¬Carie	0.45	0.05

Nous pouvons également utiliser des opérateurs logiques pour chercher des probabilités plus complexes telles $P(\text{Carie} \wedge \neg \text{Assuré}) = 0.15$.

3.2.1.2 Probabilité à posteriori (conditionnelle)

Dès que l'on obtient de l'information supplémentaire concernant une proposition, nous ne pouvons plus utiliser les probabilités inconditionnelles. Nous devons maintenant utiliser les probabilités conditionnelles, représentées avec la notation $P(A | B)$. Cela signifie la probabilité de A étant donné que nous savons B, et seulement B. Par exemple,

$$P(\text{Carie} | \text{MauxDents}) = 0.8$$

indique que si un patient a des maux de dents et qu'aucune autre information par rapport à son état n'est disponible, alors la probabilité que le patient ait une carie est de 80%. Dans le cas où nous aurions une information supplémentaire C, la probabilité deviendrait $P(A | B \wedge C)$. Nous pouvons donc dire qu'une probabilité inconditionnelle est une sorte de probabilité conditionnelle $P(A |)$ où aucune information n'est disponible.

Les probabilités conditionnelles peuvent être définies sous forme de probabilités inconditionnelles :

$$P(A | B) = \frac{P(A \wedge B)}{P(B)} \quad \text{où } P(B) > 0$$

Nous pouvons également l'écrire sous la forme

$$P(A \wedge B) = P(A | B) P(B) = P(B | A) P(A) \quad (\text{règle des produits})$$

3.2.1.3 Théorie de Bayes

La théorie de Bayes n'est qu'une parmi toutes les théories permettant de traiter l'incertitude. Reprenons les deux formes de la règle des produits :

$$\begin{aligned} P(A \wedge B) &= P(A | B) P(B) \\ P(A \wedge B) &= P(B | A) P(A) \end{aligned}$$

De là, nous pouvons déduire que :

$$P(A | B) P(B) = P(B | A) P(A)$$

$$P(B | A) = \frac{P(A | B)P(B)}{P(A)} \quad \text{règle de Bayes}$$

À première vue, cette règle peut sembler inutile ; elle requière trois termes (deux probabilités inconditionnelles et une probabilité conditionnelle) seulement pour trouver une probabilité conditionnelle. En pratique, elle est surtout utile dans les domaines où nous possédons déjà les trois termes requis et désirons trouver le terme manquant, soit $P(B | A)$. Prenons par exemple le cas d'un médecin qui traite les raideurs au cou. Il a déjà en sa possession quelques probabilités :

$P(R | M) = 0.5$ probabilité d'avoir des raideurs au cou, sachant que le patient a la méningite

$P(M) = 1 / 50000$ une personne a 1 chance sur 50000 d'attraper la méningite

$P(R) = 1 / 20$ une personne a 1 chance sur 20 d'avoir des raideurs au cou

Avec ces données, nous pouvons déduire que :

$$P(M | S) = \frac{P(S | M) P(M)}{P(S)} = \frac{0.5 * 1 / 50000}{1 / 20} = 0.0002$$

En d'autres mots, nous nous attendons à ce qu'une personne sur 5000 ayant des raideurs au cou ait la méningite. Cette théorie est cependant impossible à appliquer dans notre cas car elle requière plusieurs probabilités que nous ne possédons pas ou qui sont impossibles à obtenir. De plus, étant donné la nature de certains facteurs d'incertitude (voir section 4.2), il serait impossible de les transformer sous forme de probabilités.

3.2.1.4 Réseaux de croyances

On peut utiliser un réseau de croyances pour représenter les dépendances entre les différentes variables dans une situation. Ces variables peuvent être des actions, des événements ou tout ce qui peut influencer une situation donnée. Un réseau de croyances est un graphe ayant les propriétés suivantes :

1. Un ensemble de variables représentant les nœuds;
2. Un ensemble de liens orientés reliant les nœuds. Un lien du nœud X au nœud Y indique que le nœud X a une influence directe sur le nœud Y;

3. Chaque nœud a sa propre table de probabilités qui quantifie l'effet de ses parents;
4. Le graphe ne contient aucun cycle.

Pour mieux comprendre ce qu'est un réseau de croyances, étudions l'exemple suivant : Mario achète un système d'alarme servant à détecter les vols ainsi que les tremblements de terre. Jean et Marie, ses deux voisins, doivent appeler Mario à son bureau aussitôt qu'ils entendent l'alarme. Jean est très fiable et appelle toujours lorsqu'il entend l'alarme. Cependant, il confond parfois le téléphone avec l'alarme et appelle Mario. Marie, quant à elle, aime écouter la musique forte et n'entend pas toujours l'alarme. On suppose que Marie et Jean ne voient pas le voleur et ne sentent pas le tremblement de terre. Cette situation est représentée par le graphe de la figure 3.2.

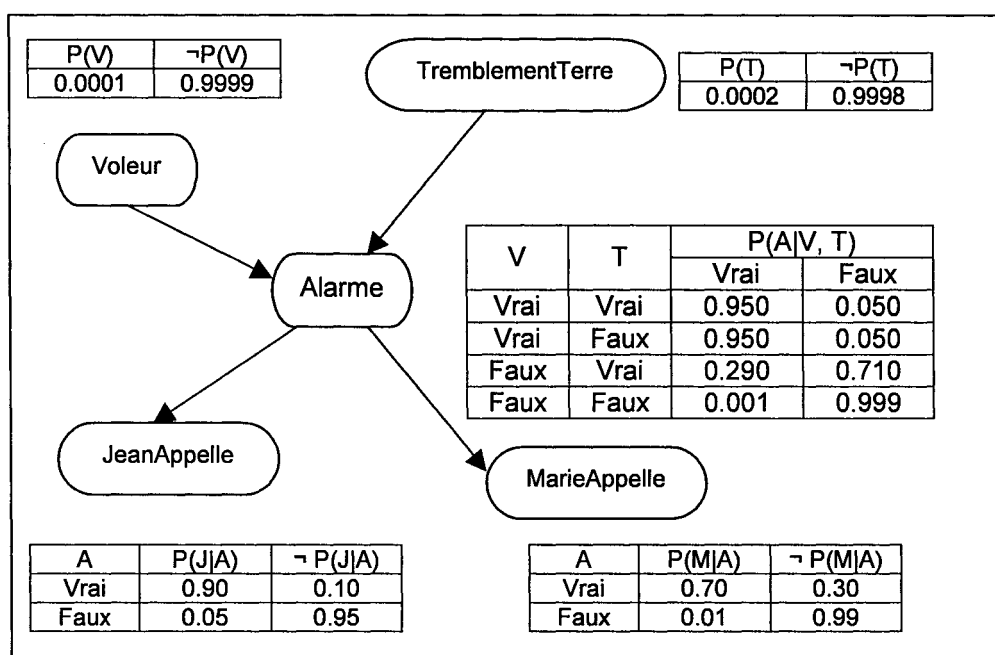


Figure 3.2 : Réseau de croyances. (Source : Artificial intelligence, a modern approach, 1^{ère} édition [18])

Nous voyons clairement que seul un vol ou un tremblement de terre peuvent faire sonner l'alarme. De même, Marie et Jean vont appeler Mario uniquement s'ils entendent l'alarme. À noter aussi que le fait que Marie écoute de la musique forte est inclus dans l'incertitude associée au lien allant de Alarme à Marie Appelle.

À partir de ce graphe, nous pouvons déterminer toutes les probabilités possibles par rapport aux événements entourant le système d'alarme à l'aide de la théorie de Bayes. Si nous voulons déterminer, par exemple, qu'elle est la probabilité que l'alarme soit déclenchée, sans y avoir eu de vol ni de tremblement de terre, et que Jean et Marie appellent Mario; nous pouvons trouver la réponse à partir de la formule suivante :

$$\begin{aligned}
 &P(J \wedge M \wedge A \wedge \neg V \wedge \neg T) \\
 &= P(J | A) P(M | A) P(A | \neg V \wedge \neg T) P(\neg T) P(\neg V) \\
 &= 0.90 \times 0.70 \times 0.001 \times 0.999 \times 0.998 \\
 &= 0.00062
 \end{aligned}$$

Il n'y a pas de réseau de croyances parfait. Dans l'exemple de l'alarme, une personne pourrait décider d'ajouter un lien allant du TremblementTerre à MarieAppelle et un autre vers JeanAppelle. Dans cet exemple, il n'y aurait pas de conséquence majeure étant donné que le graphe est très simple. Dans le cas où le graphe possède des dizaines de nœuds, voire des centaines, le problème se corse car on doit ajouter des valeurs dans les tableaux de probabilités. En fait, la décision d'ajouter ou de supprimer des liens dépend de la précision qu'on veut obtenir par rapport au coût de spécification de l'information supplémentaire. Plus il y a de liens entre les différents nœuds, plus on obtient de précisions, mais plus le graphe est complexe, plus il requiert du traitement supplémentaire. Le processus général pour construire un réseau de croyances est le suivant :

- 1) Choisir les variables pertinentes pour représenter le domaine;
- 2) Choisir un ordre pour les variables;
- 3) Tant qu'il reste des variables :
 - a) Créer un nœud à partir de la variable;
 - b) Ajouter les liens avec ses parents (partant des parents vers les variables). Les parents expriment les liens de causalité directe par rapport au(x) nœud(s);
 - c) Définir la table de probabilités conditionnelles.

Cette méthode garantit que le graphe ne possèdera aucun cycle. Cependant, pour les mêmes raisons que mentionnées dans la théorie de Bayes, il est impossible d'appliquer le réseau de croyances à notre situation vu la nature de notre application.

3.2.1.5 Théorie de l'évidence

Une autre approche est la théorie de l'évidence de Dempster-Shafer. Cette théorie permet de faire la distinction entre incertitude et ignorance. Prenons un ensemble de propositions auxquelles nous assignons à chacune des propositions un intervalle [*croyance, plausibilité*] dans lequel le degré de croyance de chacune des propositions doit se situer. La croyance d'une proposition, aussi nommée mesure de croyance ou fonction de croyance, est dénotée par $cr(p)$ et s'étend de zéro (0), indiquant qu'il n'y a aucune évidence supportant la proposition, à un (1), représentant la certitude de cette proposition. En d'autres mots, elle permet de calculer la probabilité que l'évidence supporte la proposition. La plausibilité d'une proposition p est définie comme suit :

$$pl(p) = 1 - cr(\neg(p)) \quad \text{où } 0 \leq pl(p) \leq 1$$

De ce fait, la plausibilité varie également entre zéro et un. Afin d'illustrer cette théorie, prenons un simple exemple qui consiste à lancer une pièce de monnaie et à déterminer sur quel côté va atterrir la pièce. Citons une personne inconnue passant sur la rue et qui vous parie 5\$ que s'il lance une pièce de monnaie, elle va atterrir sur le côté face. Selon les circonstances, la pièce peut ou peut ne pas être fiable. Étant donné que nous n'avons aucune preuve sur la fiabilité de la pièce, nous devons affirmer que $cr(\text{face}) = 0$ et $cr(\neg(\text{face})) = 0$. L'intervalle pour cette situation est donc de $[0, 1]$. Vous décidez de gager avec l'individu à condition de prendre votre pièce, laquelle est fiable à 90%, c'est-à-dire que vous êtes certain à 90% que $cr(\text{face}) = 0.5$. La mesure de croyance passera donc de 0 à 0.45, d'où $cr(\text{face}) = 0.9 \times 0.5 = 0.45$ et de même $cr(\neg(\text{face})) = 0.45$. Le nouvel intervalle devient alors $[0.45, 0.55]$.

Prenons un second exemple. Supposons que mon amie Annie doit venir me chercher chez moi à 20h. La probabilité qu'Annie soit fiable, c'est-à-dire qu'elle vienne me chercher à l'heure, est de 90%. Du fait, il y a 10% de chance qu'elle ne vienne pas me chercher à l'heure, donc qu'elle n'est pas fiable. Annie devrait arriver chez moi à 20h si elle est fiable, mais elle peut arriver chez moi à 20h même si elle n'est pas fiable. Nous avons donc $cr(20h) = 0.9$ pour le fait qu'elle va arriver chez moi à 20h et $cr(\neg(20h)) = 0$ qu'elle n'y sera pas. Contrairement aux probabilités, une mesure de croyance de 0 ne veut pas dire qu'Annie ne sera pas chez moi à 20h, mais plutôt qu'il n'y a pas de raison de croire qu'elle n'arrivera pas chez moi à 20h. La plausibilité est donc : $pl(20h) = 1 - cr(\neg(20h)) = 1 - 0 = 1$, ce qui donne un intervalle de $[0.9, 1]$.

Nous voyons que la théorie de l'évidence est basée sur la croyance qu'on accorde aux différents acteurs dans les probabilités. Cette théorie peut parfois être ambiguë et dans certains cas on ne peut l'appliquer. Or, dans notre cas, il est impossible de vérifier la véracité des informations fournies par les différents évaluateurs. Imaginez si nous devons demander à l'utilisateur le niveau de fiabilité des réponses. Non seulement cette valeur ne serait pas fiable, mais nous devrions également traiter l'incertitude sur cette valeur. Nous ne pouvons pour cette raison appliquer cette théorie dans le calcul de l'incertitude dans le cadre de nos objectifs.

3.2.2 Approche qualitative (many-valued logic)

Comme nous l'avons déjà mentionné, l'approche qualitative consiste à affecter des valeurs linguistiques à une probabilité afin de pouvoir y associer une valeur quantitative. Prenons l'échelle linguistique suivante pour répondre à l'affirmation "Je suis capable de courir 5 kilomètres sans m'arrêter."

Certain	Presque Certain	Assez Certain	Assez Incertain	Presque Incertain	Incertain
---------	-----------------	---------------	-----------------	-------------------	-----------

Figure 3.3 : Échelle d'incertitude graduée par des valeurs linguistiques.

Nous obtenons donc un langage $L = \{\text{Certain, Presque Certain, Assez Certain, Assez Incertain, Presque Incertain, Incertain}\}$ auquel nous associons une valeur de vérité α pour chaque élément du langage L ; ce qui revient à dire :

$$\alpha_1 > \alpha_2 > \alpha_3 > \alpha_4 > \alpha_5 > \alpha_6$$

Par ailleurs, la pertinence de chaque facteur d'incertitude ψ joue aussi un rôle dans le calcul de l'incertitude. Plus ψ permet de réduire l'incertitude, plus son importance dans le modèle de calcul devra être grande [1]. Les modèles de calcul varient passablement : certains utilisent des matrices [3], d'autres utilisent les ensembles flous, mais la plupart utilisent des modèles de calcul fort complexes et difficilement applicables en pratique. Finalement, aucun problème traité dans la documentation ne s'apparente aux objectifs de ce document. Les modèles proposés sont pour la plupart à l'état de test, et peu d'entre eux ont réellement été implantés dans un système, donc leur utilité pratique n'a pas été démontrée.

D'autres travaux [1, 6, 8, 10, 12, 13] traitent, de façon globale, de la gestion de l'incertitude par l'approche qualitative, sans trop entrer dans les détails, de peur de se compromettre avec de fausses théories (étant donné qu'il s'agit d'une approche relativement récente). De plus, certains auteurs ne s'entendent même pas sur ce que sont l'incertitude et l'ignorance. Par exemple, [1] assume que l'incertitude peut être exprimée sous deux formes : l'ignorance (le manque d'information) ou la croyance (l'information disponible). De son côté, [8] avance que l'ignorance se divise en deux classes : l'incertitude (validité de l'information) et l'ambiguïté (la signification exacte de l'information).

Nous allons conclure cette partie en élaborant sur un article intitulé "*From ignorance to uncertainty : a conceptual analysis*" [6]. Le but des auteurs est de proposer un point de vue différent par rapport au raisonnement sous incertitude, en portant une attention particulière sur le rôle de l'ignorance. Cet article met l'emphasis sur les rôles de l'ignorance afin de déterminer l'état imparfait (incomplet) des connaissances face à un domaine quelconque. De façon générale, l'ignorance est caractérisée comme un manque de connaissance et, comme nous le verrons par la suite, il existe différents types d'ignorances et ces différents types affectent, à leur façon, notre manière de raisonner face à une situation. Les auteurs affirment que :

- le raisonnement est basé sur l'exploitation des connaissances disponibles par rapport à un domaine d'intérêt et il est limité par l'ignorance existante dans ce même domaine;
- l'ignorance rend les connaissances disponibles non totalement fiables, faisant ainsi émerger le concept d'incertitude;
- étant donné que l'ignorance est présente dans tous les domaines, le raisonnement humain est par conséquent incertain.

Il existe deux types de connaissances : les **connaissances certaines** ou parfaites, et les **connaissances incertaines** ou imparfaites. Dans le premier cas, le domaine est parfaitement maîtrisé et il n'existe aucune exception possible. C'est en fait une situation idéale, mais qui est pratiquement impossible à obtenir. Quant à elles, les connaissances imparfaites sont liées aux croyances : une croyance est un jugement par rapport à la crédibilité de la valeur de vérité assignée à une proposition. Donc, pour une proposition P, $bel(P, \text{vrai}) = 0$ veut dire qu'il n'y a pas (ou de façon très négligeable) d'évidence supportant le fait que P soit vraie, ce qui est loin de dire que P ne puisse pas être vraie. De même, $bel(P, \text{vrai}) = 1$ indique qu'il y a suffisamment d'évidence supportant la crédibilité que P soit vraie, ce qui est encore une fois bien différent de dire que P est sans contredit vraie. De plus, les connaissances imparfaites sont dépendantes des exceptions. Par exemple, l'énoncée "Le ciel est bleu" ne revient pas à dire "Le ciel est toujours bleu" car il y a des exceptions. De même, si nous disons "Les oiseaux volent", cela n'est pas équivalent à dire "Tous les oiseaux volent".

Toujours à partir de [6], les étapes d'inférence générique incluent quatre éléments fondamentaux soient 1) l'individu, c'est-à-dire le sujet d'intérêt, la personne, auquel nous appliquons les étapes d'inférence, 2) la/les prémisses(s), 3) la/les conséquences(s) et 4) la relation entre prémisses(s) et conséquences(s), ainsi que deux activités étant 1) la vérification que l'individu a la/les propriété(s) citée(s) dans la/les prémisses(s) et 2) l'ajout de la/des conséquences(s) dans la base des connaissances. Les quatre types d'ignorance sont donc :

1. l'ignorance d'un individu (ses propriétés, sa description);
2. l'ignorance par rapport à une prémisse (exceptions à la règle);
3. l'ignorance par rapport à la relation entre la prémisse et la conséquence (connaissance et compréhension du domaine, des faits);
4. l'ignorance des conséquences de la prémisse (effets et conséquences directes ou secondaires).

Lorsque nous évaluons les étapes d'inférence en présence d'incertitude, deux choix s'offrent à nous :

1. l'**approche conservatrice** ou certaine, c'est-à-dire qu'on ne doit pas émettre de conclusions tant et aussi longtemps que de nouvelles connaissances ne sont pas disponibles;
2. l'**approche évolutive** ou à risque, c'est-à-dire de continuer l'inférence avec les données que nous possédons, en considérant cependant qu'elle pourra être subséquentement réfutée.

Le choix entre ces deux approches est parfois évident, mais de façon générale, le choix est fait en fonction du type d'ignorance. Le tableau suivant permet de résumer la situation :

type d'ignorance	Approches	
	conservatrice	évolutive
individu	x	
prémisse		x
relation prémisse-conséquence	x	x
conséquence	x	

Tableau 3.1 : Types d'approches face à un problème en fonction du type d'ignorance. L'approche à suivre dans le cas de l'ignorance par rapport à la relation entre la prémisse et la conséquence dépend de la circonstance. Dans la plupart des cas, c'est le concepteur du système qui devra décider de l'approche à prendre.

En résumé, cet article [6] est celui qui aborde le mieux et le plus en profondeur la notion d'ignorance dans une solution qualitative. Il nous montre que les connaissances par rapport à un domaine peuvent être enrichies dans la mesure où l'ignorance peut être réduite. De ce fait, ce qui est vrai au temps t_1 ne l'est pas nécessairement au temps t_2 . Ce que nous devons retenir est le fait que, dans une situation imparfaite, une proposition n'est jamais totalement vraie, ni totalement fausse, et qu'une modification de cette dernière (ou une information supplémentaire) peut venir complètement modifier les différents types d'ignorances (individus, prémisses, relations et conséquences). Cet article nous a donc fait réaliser qu'il vaut mieux aborder le problème en supposant une ignorance nulle dès le départ et l'augmenter, plutôt que de supposer une ignorance totale et d'essayer de la diminuer.

En conclusion, les lectures que nous avons faites ne nous ont pas vraiment aidé à trouver une solution sur comment traiter l'incertitude dans notre cas. Les solutions proposées étaient soit beaucoup trop complexes ou ne s'appliquaient tout simplement pas à notre type de problème. De plus, nous avons déjà eu l'idée de recueillir l'information concernant l'évaluateur sous forme d'échelle linguistique. Imaginez si nous posions les questions sous la forme « Sur une échelle de 1 à 100 (100 étant une cote parfaite), qu'elle est votre niveau d'expertise par rapport à ce genre de projet ? » L'utilisateur ne saurait quoi répondre et le niveau d'incertitude ne pourrait être calculé convenablement. Certaines lectures nous ont cependant aidés à éclaircir les notions d'incertitude, d'ignorance et de connaissance, comment (mieux) gérer l'incertitude, et nous ont aussi fait réaliser que les opinions d'experts ne sont pas toujours justes et qu'il est sage de recueillir plusieurs opinions avant de se faire une idée finale sur une situation donnée.

Chapitre 4

Proposition d'un modèle de calcul pour l'incertitude

Dans ce chapitre, nous mettrons en perspective les points forts ainsi que les points faibles de **eRisC** jusqu'à présent. Nous présenterons par la suite la liste des principaux facteurs d'incertitude trouvés et nous terminerons en proposant un pseudo-modèle de calcul pour gérer les différents facteurs d'incertitude trouvés. Le modèle proposé devra évidemment être testé sous tous les angles afin de s'assurer que le résultat obtenu ne vienne pas biaiser davantage la cote de risque retournée par **eRisC**. Nous verrons :

- 4.1 Rappel de l'incertitude par rapport à l'outil **eRisC**
- 4.2 Minimiser l'incertitude
- 4.3 Le résultat final
- 4.4 Les facteurs d'incertitude
- 4.5 Proposition d'un modèle de calcul pour l'incertitude

4.1 Rappel de l'incertitude par rapport à l'outil **eRisC**

Nous avons discutés dans le chapitre 2 de ce qu'était l'incertitude de façon générale. Nous avons par la suite précisé que, par rapport à **eRisC**, l'incertitude était *tous les facteurs, plus ou moins difficilement identifiables ou mesurables, pouvant influencer le résultat final de l'évaluation du projet*. En effet, nous voulons être en mesure de calculer cette incertitude afin de l'intégrer dans le résultat final présenté à l'évaluateur. Le but consisterait donc à créer un certain intervalle dans lequel se situerait le niveau de risque.

Nous avons également discuté que l'évaluateur était la principale source d'incertitude pouvant altérer le niveau de risque. Que ce soit au niveau de sa compréhension du projet, de son appréciation du projet, de sa connaissance du logiciel **eRisC** ou simplement de son expérience, tous ces facteurs humains viennent causer une variance au niveau des résultats finaux. Il est donc essentiel d'identifier tous ces facteurs, ce que nous ferons à la section 4.3, afin d'obtenir le résultat le plus précis possible.

4.2 Minimiser l'incertitude

Étant donné qu'un écart aussi minime que, par exemple, 5 points sur 100⁸ pourraient décider entre subventionner ou non un projet, il est crucial de minimiser tout risque d'erreurs potentielles pouvant altérer ou fausser le niveau de risque d'un

⁸ Le niveau de risque retourné par l'outil varie entre 0 et 100.

projet. **eRisC** a donc été conçu de façon à réduire le plus possible l'incertitude ainsi que l'ambiguïté lorsque l'évaluateur répond aux questions. Comme nous l'avons vu précédemment, plusieurs facteurs, aussi anodins puissent-ils sembler, peuvent influencer le résultat final de l'évaluation. La première mesure prise pour contrer l'ambiguïté est (1) l'insertion de définitions dans les questions où certains mots (ou expressions) pourraient porter à confusion. En effet, les expressions jugées équivoques sont écrites en caractères gras pour permettre à l'évaluateur de bien les identifier et lorsqu'il passe le curseur sur cette dernière, une info-bulle, telle qu'illustrée à la figure 4.1, comprenant la définition ou l'explication apparaît sous le curseur. De cette façon, l'évaluateur pourra mieux comprendre le contexte de ce mot, minimisant ainsi le risque d'une mauvaise interprétation de la question. Par la suite, (2) les questions ont été créées sous forme de choix multiples. Le fait de restreindre le choix de réponses possibles permet en premier lieu de mieux guider l'évaluateur vers les réponses désirées. Ainsi, nous sommes certains que l'évaluateur répondra exactement à la question et qu'il n'aura pas à rédiger une réponse de plusieurs lignes afin de s'assurer de répondre complètement à la question. Or, aucun correcteur humain ne sera requis pour tenter d'interpréter les réponses des évaluateurs. Il faut se rappeler que **eRisC** est un questionnaire en ligne, donc tout traitement sur le questionnaire devrait se faire automatiquement, sans l'intervention de l'humain. Les choix de réponses permettent aussi d'attribuer plus facilement des poids⁹ aux différentes réponses. En effet, il est beaucoup plus facile de d'accorder une valeur quantitative sur, par exemple, la réponse "oui" qu'à une réponse de 5 lignes. Finalement, les choix de réponses permettent de répondre rapidement au questionnaire¹⁰, mais aussi de réduire grandement l'espace du questionnaire sur la page Web. Ce qui nous amène à notre troisième point : (3) la convivialité et l'apparence du questionnaire (figure 4.2). En effet, plus l'outil est agréable à l'œil et plus il est facile d'utilisation, moins l'évaluateur sera tenté de répondre au questionnaire de manière trop expéditive ou négligente, réduisant ainsi le risque d'erreurs pouvant survenir lors du remplissage du questionnaire. Finalement, il y aura (4) une période de formation lorsqu'un évaluateur obtiendra un compte ainsi que des dispositifs d'aide en ligne qui permettra aux évaluateurs d'obtenir des informations et de l'aide en tout temps par rapport au fonctionnement de l'outil.

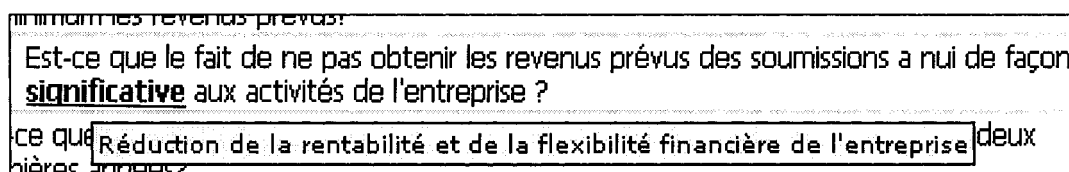


Figure 4.1 : Exemple d'un mot ayant une signification ambiguë. Le mot "significative" a été mis en caractères gras afin de bien l'identifier et sa définition (ou l'explication) est écrite dans l'info-bulle située sous le mot.

⁹ Pondération associée aux éléments du questionnaire permettant de calculer le risque final.

¹⁰ Environ trente minutes sont requises pour compléter le questionnaire pour un projet.

a)

➤ Clientèle: Évaluation de la dépendance commerciale de l'entreprise et de sa politique de satisfaction de la clientèle.

L'entreprise a-t-elle perdu des clients importants au cours des deux dernières années?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Est-ce que le principal client de l'entreprise représente plus de 30% de son chiffre d'affaires?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Est-ce que le nombre de contrats générant une plainte a augmenté depuis deux ans?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Est-ce que le pourcentage de contrats annulés suite à un service ne correspondant pas aux exigences des clients de l'entreprise a augmenté depuis deux ans?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
L'entrepreneur connaît-il ses principaux compétiteurs?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

b)

➤ Clientèle: Évaluation de la dépendance commerciale de l'entreprise et de sa politique de satisfaction de la clientèle.

L'entreprise a-t-elle perdu des clients importants au cours des deux dernières années?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Est-ce que cela a nui significativement aux activités de l'entreprise?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Est-ce que des pertes de clients importants sont susceptibles de se reproduire dans la prochaine année ?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Est-ce que le principal client de l'entreprise représente plus de 30% de son chiffre d'affaires?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Est-ce que le nombre de contrats générant une plainte a augmenté depuis deux ans?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Est-ce que ces plaintes sont habituellement formulées par les mêmes clients?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
L'entreprise a-t-elle procédé à une évaluation de la situation (augmentation du nombre de plaintes par les clients) afin d'apporter les correctifs appropriés?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Est-ce que le pourcentage de contrats annulés suite à un service ne correspondant pas aux exigences des clients de l'entreprise a augmenté depuis deux ans?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
L'entrepreneur connaît-il ses principaux compétiteurs?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figure 4.2 : La figure a) représente une section vierge du questionnaire telle que visualisée par l'utilisateur lorsqu'il affiche le questionnaire pour la première fois. Lorsque l'utilisateur répond à une question, certaines sous-questions peuvent apparaître (en fonction des réponses) comme le démontre la figure b). Chaque fois que l'utilisateur répond à une question, une fonction JavaScript est exécutée et affiche les sous-questions si nécessaire. Ce traitement ne requière pas d'appel au serveur, accélérant de beaucoup le temps pour réponse au questionnaire. Ce processus a été mis en place pour minimiser l'espace requis par le questionnaire, mais aussi pour ne pas surcharger l'utilisateur avec des questions "inutiles" ou le décourager en faisant apparaître au départ toutes les questions auxquelles il pourrait avoir à répondre.

Les questions ont été rédigées de façon à pouvoir être répondues par "oui", "non", "ne sait pas" ou "ne s'applique pas". Le fait de restreindre le choix de réponses possibles exige en premier lieux que les questions soient formulées de façon précise. Ceci permet d'éviter le plus d'ambiguïté possible. De plus, les choix de réponses permettent de guider l'évaluateur vers les réponses désirées. Nous sommes certains que l'évaluateur va répondre exactement à la question et qu'il n'aura pas à rédiger une réponse de plusieurs lignes afin de s'assurer de répondre complètement à la question. Ainsi, aucun correcteur humain ne sera requis pour tenter d'interpréter les réponses des évaluateurs.

4.3 Le résultat final

Malgré les moyens pris pour éliminer certains facteurs d'incertitude, le résultat final du calcul demeure encore insatisfaisant. Présentement, le résultat sert uniquement à donner une idée générale de la qualité du projet évalué. Ce résultat est loin d'être définitif et fiable; c'est pourquoi nous prévoyons suivre l'évolution des différents projets afin de voir si les conclusions retournées par l'outil sont justes, et d'apporter les correctifs nécessaires aux questionnaires en fonction des commentaires des utilisateurs. Éventuellement, des projets prototypes pourront être mis à la disposition des évaluateurs afin qu'ils puissent comparer leurs idées avec d'autres projets semblables pour mieux situer leur objectif sur l'échelle de risque. En effet, un projet ayant un risque de, par exemple, 37 peut être très risqué pour un type de projet et peu risqué pour un autre. L'idée est donc de transformer le résultat présent sous forme d'intervalle (voir figure 4.3 à la page suivante) lequel représenterait l'incertitude survenue lors de l'évaluation du projet. Une série de tests sera donc à prévoir pour étudier le comportement de l'intervalle ainsi que des différents facteurs de risque. L'idéal, serait qu'indépendamment des différents facteurs d'incertitude, les résultats de plusieurs évaluateurs aient le même intervalle (ou semblable) dans l'échelle de risque. De cette façon, nous pourrions faire évaluer un même projet par plusieurs personnes différentes et toujours obtenir les mêmes résultats (ou presque).

4.4 Les facteurs d'incertitude

Maintenant que nous avons minimisé, dans la mesure du possible, tous les facteurs extérieurs pouvant influencer le résultat final, nous devons trouver les facteurs relatifs à l'évaluateur qui pourraient altérer le résultat final. Ces facteurs sont surtout reliés aux opinions des évaluateurs (des experts) ainsi qu'à leur connaissance des projets évalués; chacun influençant le résultat final différemment. En effet, comme nous l'avons déjà mentionné, certains facteurs auront des effets négatifs sur l'intervalle, c'est-à-dire qu'ils agiront sur la borne inférieure de l'intervalle (voir figure 4.3b), d'autres des effets positifs sur l'intervalle, et tous les facteurs auront un poids différent en fonction de leur impact sur le niveau de risque. Les facteurs susceptibles de causer un plus haut degré d'incertitude auront un plus grand impact lors du calcul, et vice versa. Les tests effectués ainsi que l'avis d'experts nous permettront de déterminer le comportement de chaque facteur.

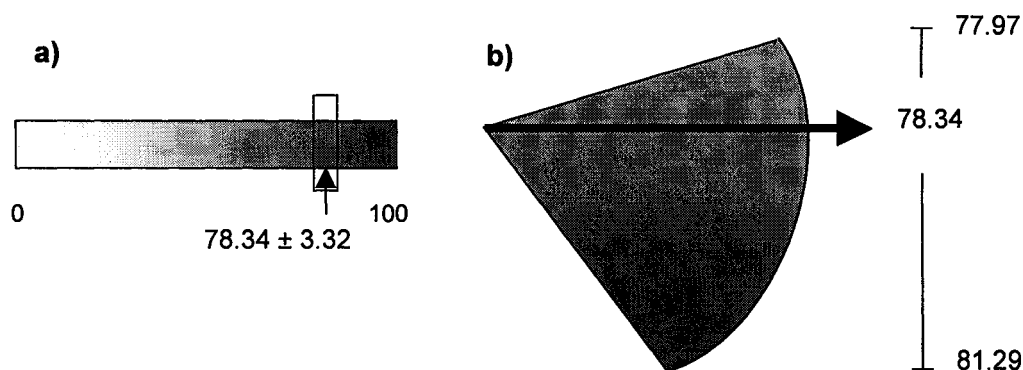


Figure 4.3 : Exemple de résultat avec incertitude sous forme d'intervalle. La figure a) illustre l'incertitude de 78.34 ± 3.32 par rapport à l'échelle de risque (de 0 à 100). Dans cet exemple, nous devons considérer que l'effet de l'incertitude est identique de part et d'autre du niveau de risque initial (78.34). La figure b) représente uniquement l'intervalle contenant l'incertitude, soit de 77.97 à 81.29. Nous pouvons constater que les facteurs d'incertitude ont tendance à faire augmenter la cote de risque plutôt que de la baisser. En effet, l'écart entre le niveau de risque initial et la borne supérieure de l'intervalle (81.29) est plus grand que l'écart entre le niveau de risque initial et la borne inférieure (77.97).

La liste suivante contient les identifiés trouvés jusqu'à présent dont nous devrions tenir compte dans le modèle de calcul qui sera créé ultérieurement. Certains de ces facteurs pourront éventuellement être regroupés pour ne former qu'un seul facteur, d'autres seront tout simplement rejetés. Les facteurs ont été regroupés en trois catégories soient évaluateur, projet et secteur.

1. Évaluateur

- **Appréciation de eRisC:** Comme nous l'avons déjà mentionné, un évaluateur satisfait des fonctionnalités de l'outil ainsi que de sa convivialité ne sera pas porté à précipiter ses réponses afin de compléter le questionnaire de façon inutilement rapide. Plus l'utilisateur est satisfait de l'outil, moins les réponses sont précipitées et moins il y a de chances que des erreurs d'inattention s'y glissent.
- **Âge du répondant:** Étroitement relié au facteur précédent, l'âge du répondant peut avoir une certaine influence par rapport à l'appréciation de l'outil. En effet, les personnes d'un certain âge sont susceptibles d'être moins réceptives aux changements ainsi qu'aux nouvelles technologies. L'application étant présentée sous forme de site Web interactif, certains utilisateurs pourraient être réticents à adopter.

Outre les avancements technologiques, l'évolution des valeurs morales peut également influencer la perception qu'un évaluateur a d'un projet. Les valeurs morales changent de génération en génération et si certains projets

vont à l'encontre de ces valeurs, ces projets pourraient être mal vus par certains évaluateurs, résultant en une évaluation biaisée du projet.

- **Degré de confiance dans les résultats** : Une personne croyant aux bienfaits de l'outil et à la véracité des résultats remplira le questionnaire de façon plus réfléchie au lieu de précipiter ses réponses. Cette personne sera d'autant plus ouverte aux suggestions d'amélioration du projet (mitigations) proposées par l'outil.
- **Fréquence d'utilisation de eRisC** : Un évaluateur ayant une meilleure connaissance du/des questionnaire(s) pourra évaluer un projet de façon plus précise, pouvant ainsi prévoir les prochaines questions. De plus, en sachant quel genre de questions seront posées, l'utilisateur pourra s'informer davantage sur ces points afin d'en avoir une compréhension maximale.
- **Projets similaires évalués** : Un évaluateur ayant évalué un certain nombre de projets similaires pourrait être porté à s'interroger sur certains aspects du projet qu'il évalue, aspects qui auraient causé des problèmes dans des projets préalablement évalués par ce dernier. Cette interrogation pourra amener l'utilisateur à évaluer le projet de façon plus juste.
- **Domaine d'expertise de l'évaluateur** : Chaque utilisateur est spécialisé dans un ou quelques domaines. Par exemple, une personne spécialisée dans la gestion n'évaluera pas le questionnaire de la même façon qu'un informaticien. En effet, l'informaticien portera plus d'importance sur les aspects technologiques, tandis que le gestionnaire se souciera davantage de la rentabilité du projet. À la limite, un projet pourra être évalué par plusieurs personnes, en fonction de leur domaine d'expérience. Étant donné que chaque secteur du questionnaire évalue un aspect particulier du projet, il faudrait identifier le domaine d'expertise de chaque répondant au questionnaire en fonction des secteurs.
- **Expérience de l'évaluateur** : Un évaluateur ayant plus d'expérience serait, en théorie, plus apte à évaluer de façon précise un projet. En effet, l'évaluateur plus expérimenté devrait mieux connaître les points qu'il faut vérifier afin de savoir si un projet est risqué ou non.

2. Projet

- **Opinion de l'évaluateur face au projet évalué** : Si l'évaluateur n'est pas convaincu du succès du projet, il pourrait répondre de façon négative au questionnaire, de façon à ce que le risque retourné par l'outil soit plus grand que le risque réel du projet.
- **Manque de données** : Il se peut que l'évaluateur n'ait pas accès à toutes les données par rapport au projet. Ce manque de données peut demander à l'évaluateur d'extrapoler certaines données, biaisant ainsi le résultat final.

- **Analyse à partir d'un projet existant** : Afin de sauver du temps, un répondant peut opter pour créer une évaluation à partir d'un projet déjà existant. Il n'aura donc qu'à changer quelques réponses pour adapter le questionnaire au nouveau projet. L'inconvénient est que l'incertitude pourrait éventuellement se propager sans avertissement d'une évaluation à l'autre sans véritable justification.
- **Temps de réponse au questionnaire** : Plus l'évaluateur prend son temps pour répondre, plus les données par rapport au projet peuvent être faussées. En effet, une personne qui remplit le questionnaire en 30 minutes, le fait avec les données fraîches en mémoire. En revanche, une personne qui met 3 jours à compléter le questionnaire n'a pas le projet fraîchement en mémoire et, par conséquent, peut y glisser quelques erreurs. De plus, les données du projet peuvent changer en 3 jours; le questionnaire sera donc rempli avec des anciennes et des nouvelles données rendant le résultat final plus douteux, voire même erroné.

3. Secteur

- **Degré de confiance dans les réponses** : Ce facteur est directement relié à la connaissance du projet par l'évaluateur. En effet, s'il n'est pas certain de l'exactitude de ses réponses, l'évaluateur pourrait y infiltrer des erreurs lors de la saisie des réponses. Ce facteur devra être évalué pour chaque secteur du questionnaire étant donné que le degré de confiance dans les réponses peut varier d'un secteur à l'autre.
- **Interdépendance des questions** : Étant donné qu'une réponse à une question peut entraîner des sous-questions, une mauvaise interprétation d'une question pourrait modifier le niveau de risque de façon significative.

La méthode exacte et le moment pour collecter ces informations sont encore indéfinis. Il s'agirait probablement d'un mini questionnaire, lequel devrait recueillir uniquement les données essentielles portant sur l'incertitude de chaque section. Certaines informations, telles les informations propres à l'évaluateur, pourraient n'être remplies qu'une seule fois et stockées dans la base de données afin de réduire le nombre de questions. Il faut retenir que l'utilisateur veut passer le moins de temps possible à compléter le questionnaire; il ne faut donc pas le surcharger avec des questions redondantes et inutiles.

4.5 Proposition d'un modèle de calcul pour l'incertitude

Le modèle de calcul final devra permettre à l'utilisateur de mieux situer le niveau de risque de son projet en fonction de différents facteurs d'incertitude. Le modèle sera construit sous le principe d'une boîte noire (figure 4.4). Le modèle en tant que tel serait composé de blocs; chacun calculant une partie différente de l'incertitude. Pour l'instant, nous aurons trois blocs : (1) évaluation, (2) projet et (3) secteur. Étant donné que chaque bloc calcule une partie différente de l'incertitude et

qu'aucune dépendance n'est faite entre les blocs, nous pourrions calculer une partie du risque sans utiliser tous les blocs. En effet, supposons que l'utilisateur ne désire pas compléter le formulaire permettant de recueillir les informations concernant l'incertitude, nous pourrions quand même calculer une partie de l'incertitude à partir des informations déjà recueillies. Comme nous avons déjà mentionné, certaines informations, telle la fréquence d'utilisation de l'outil, pourraient être recueillies à l'insu de l'utilisateur. Nous aurions alors à instaurer un compteur qui serait incrémenté à chaque fois que l'évaluateur compléterait une nouvelle évaluation. D'autres facteurs, tels l'appréciation de l'outil et le degré de confiance des résultats, ne sont pas des facteurs qui changent fréquemment et ils ne sont pas reliés à un projet particulier. Du fait, une page particulière pourrait être prévue pour recueillir/modifier ces informations au besoin ou à une certaine fréquence (par exemple à toutes les 10 utilisations).

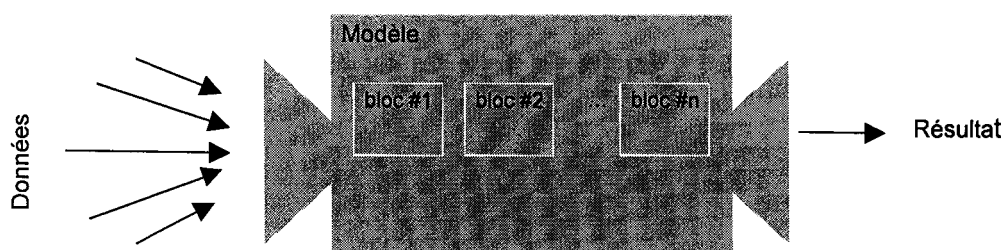


Figure 4.4 : Le modèle développé peut-être représenté schématiquement à l'aide d'une boîte noire.

Avant d'entreprendre la période de tests, nous avons créé un prototype du modèle pour le bloc secteur, lequel pourrait servir comme point de départ pour le modèle final. Le bloc consiste à créer une matrice $S \times F$, où S est le nombre de secteurs dans le questionnaire, et F le nombre de facteurs d'incertitude, qui serait multipliée par un vecteur contenant les niveaux de risque de chaque secteur (RS_1 à RS_n) tel que nous obtenons présentement par l'outil. Voici la formule :

$$\begin{array}{c}
 F_1 \\
 F_2 \\
 F_3 \\
 \dots \\
 F_i
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 S_1 \quad S_2 \quad S_3 \quad \dots \quad S_n \\
 \left[\begin{array}{cccccc}
 V_{11} & V_{12} & V_{13} & \dots & V_{1n} \\
 V_{21} & V_{22} & V_{23} & \dots & V_{2n} \\
 V_{31} & V_{32} & V_{33} & \dots & V_{3n} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 V_{i1} & V_{i2} & V_{i3} & \dots & V_{in}
 \end{array} \right]
 \end{array}
 \bullet
 \begin{array}{c}
 \left[\begin{array}{c}
 RS_1 \\
 RS_2 \\
 RS_3 \\
 \dots \\
 RS_i
 \end{array} \right]
 \end{array}
 =
 \begin{array}{c}
 \left[\begin{array}{c}
 RF_1 \\
 RF_2 \\
 RF_3 \\
 \dots \\
 RF_i
 \end{array} \right]
 \end{array}$$

Le risque final RF serait donc le risque actuel de chaque section (le risque calculé sans l'influence des facteurs d'incertitude) auquel nous multiplierions chaque facteur d'incertitude pour chaque secteur (V).

Partie II

Démarche

Cette partie discute de la méthodologie (approche) utilisée pour obtenir les résultats. Deux tests principaux ont été effectués, soient la création d'un générateur de résultats permettant d'étudier directement le modèle de calcul et l'étude de projets afin d'analyser la variation entre les différents évaluateurs. Cette discussion sera présentée en deux chapitres, soient :

- 5. Démarche suivie pour la création du générateur de résultats**
- 6. Démarche suivie pour l'étude de cas**

Chapitre 5

Démarche suivie pour la création du générateur de résultats

Chacun des trois questionnaires dans **eRisC** utilise un modèle de calcul différent pour évaluer le niveau de risque dans un projet. Ce chapitre nous permettra premièrement d'expliquer l'origine des modèles de calcul, leurs caractéristiques ainsi que les principales différences entre les trois modèles. Par la suite, nous discuterons de l'utilité du générateur de résultats dans notre démarche pour étudier les modèles de calcul. Finalement, nous décrirons le processus de création du générateur, les contraintes survenues lors de sa création ainsi que les caractéristiques du produit final.

- 5.1 Modèles de calcul implicites**
- 5.2 Objectif associé au générateur de résultats**
- 5.3 Création du générateur**
- 5.4 Caractéristiques du générateur**
- 5.5 Travaux à compléter**

5.1 Modèles de calcul implicites

Comme nous l'avons déjà mentionné, **eRisC** est composé de trois questionnaires différents, soient expansion, exportation et innovation. L'utilisateur devra compléter uniquement l'un des questionnaires afin de mesurer le niveau de risque du projet qu'il désire évaluer. Le choix du questionnaire est donc fait par l'évaluateur en fonction du type de projet à évaluer. Lorsque toutes les questions auront été répondues, l'utilisateur aura la possibilité de calculer le risque total du projet. Le module de calcul prendra donc en charge l'application et évaluera le risque en fonction du modèle de calcul sous-jacent au questionnaire choisi. Mais comment est-ce que ces modèles de calculs ont-ils été créés ? Pourquoi n'existe-t-il pas un modèle commun pour tous les questionnaires ? C'est ce que nous expliquerons dans cette section.

5.1.1 Création des questionnaires

L'élaboration des questionnaires s'est faite sur une période d'environ deux ans. Deux des questionnaires, soient expansion et exportation, ont été développés par un groupe de trois spécialistes, tandis que celui d'innovation a été développé séparément par un autre expert. Les trois questionnaires ont néanmoins été développés avec un même but : *questionner l'évaluateur sur tous les facteurs pouvant influencer le niveau de risque du projet, de façon positive ou négative*. Plusieurs lectures ont été effectuées dans le but de trouver un maximum de facteurs pouvant influencer le niveau de risque dans un projet. Une fois les facteurs ressortis, ils ont été regroupés en secteurs,

puis en sections et finalement transformés sous forme de questions à choix de réponses (voir section 4.1). Dans la mesure du possible, ces choix de réponses étaient restreint à "oui", "non", "ne sait pas" et "ne s'applique pas". D'autres questions, par leur contexte ou leur nature, ne pouvaient être répondues à l'aide de ces réponses. Des réponses supplémentaires ont alors été conçues afin de pouvoir répondre à ces questions.

Afin de renforcer la corrélation entre les différentes sections d'un même secteur, certains liens ont été créés entre des questions et des sections. Ces liens, que nous appelons **dépendances**, ont été créés dans le but de simplifier les questionnaires, et pour les évaluateurs, et pour ses créateurs. Les dépendances sont en quelque sorte des déclencheurs qui, pour certaines réponses bien précises, permettent d'afficher à l'écran une section supplémentaire du questionnaire. De ce fait, ces réponses développent des sections du questionnaire au lieu de développer des sous-questions. Ces sections sont déjà incluses dans le questionnaire, mais à prime abord l'évaluateur n'a pas à répondre à ces portions "invisibles" du questionnaire. Une dépendance est donc créée dans le questionnaire entre cette réponse et la section de sorte que si l'évaluateur répond par cette réponse, la section deviendra accessible à l'évaluateur. Cet aspect, bien qu'imperceptible pour l'utilisateur, évite de le surcharger de questions "inutiles" en ciblant les blocs de questions qui s'appliquent directement au projet évalué. À titre d'exemple dans le questionnaire d'exportation, l'utilisateur sera questionné sur la destination finale de son produit. Si le produit est destiné aux États-Unis, l'évaluateur devra répondre à une série de questions supplémentaire portant sur certaines particularités face à l'exportation aux États-Unis. En revanche, si le produit est destiné dans un pays autre que les États-Unis, l'évaluateur aura à répondre à une autre série de questions, cette fois-ci plus générales par rapport à l'exportation. Ces dépendances permettent également de s'assurer que les questions ne soient pas trop générales dans certains cas. De ce fait, elles pourront être formulées de façon plus précise, afin de mieux traiter une situation plutôt que de la poser de manière à traiter plusieurs cas similaires. Finalement, ces dépendances auront un effet bénéfique lors de la pondération des questions; sujet que nous discuterons dans les prochains paragraphes.

Une fois la version "papier" des questionnaires terminée, il restait une dernière étape : la quantification du niveau de risque. Comment allait-on, à partir de chaque questionnaire, mesurer le niveau de risque. Le choix logique était de pondérer chaque question, mais comment ? Les experts en gestion de risque qui ont développé les contenus des questionnaires sont partis avec l'idée que les résultats finaux seraient des nombres réels qui se situeraient dans un intervalle de 0 à 100 inclusivement. Le principe de pourcentage semblait intéressant. La pondération des questions s'est effectuée en attribuant un poids à chacune d'elle en fonction de leur contribution au niveau de risque. Cette pondération a été effectuée par essais et erreurs de façon à ce que le maximum possible pour chaque bloc de questions ne dépasse pas 100. Or, plus une question a tendance à faire augmenter le risque, plus son poids est élevé. Finalement, chaque secteur et chaque section ont été pondérés afin d'obtenir un résultat final sur 100. Cette dernière étape a donné naissance de façon implicite au modèle général de calcul tel que nous le

connaissions aujourd'hui. Nous verrons plus tard qu'il existe en réalité trois (3) modèles différents, soit un pour chaque questionnaire (voir 5.1.2).

Le principe général pour les questionnaires est donc assez simple. Comme nous pouvons l'observer à la figure 5.1, un questionnaire est composé de secteurs, qui sont en soi composés de sections, lesquelles sont composées d'une série de questions. Les résultats possibles pour chaque **bloc de questions** varient entre 0 et 100. Un bloc de questions représente toutes les questions d'une section. Ce résultat sera par la suite reporté sur la pondération de sa section respective. Regardons encore la figure 5.1 pour mieux comprendre. Le résultat du bloc de questions correspondant à la section 1 sera reporté sur huit (8). Le même procédé sera exécuté pour les sections 2 et 3. Le résultat du secteur 1 découlera du résultat obtenu par la somme de toutes ses sections respectives, soient les sections 1, 2 et 3. Ce procédé sera répété pour chaque secteur, et comme vous l'aurez deviné, la somme de chaque secteur donnera le niveau de risque total pour le projet. Par conséquent, un résultat final de 0 représente un risque nul, tandis qu'un résultat de 100 représente un projet très risqué.

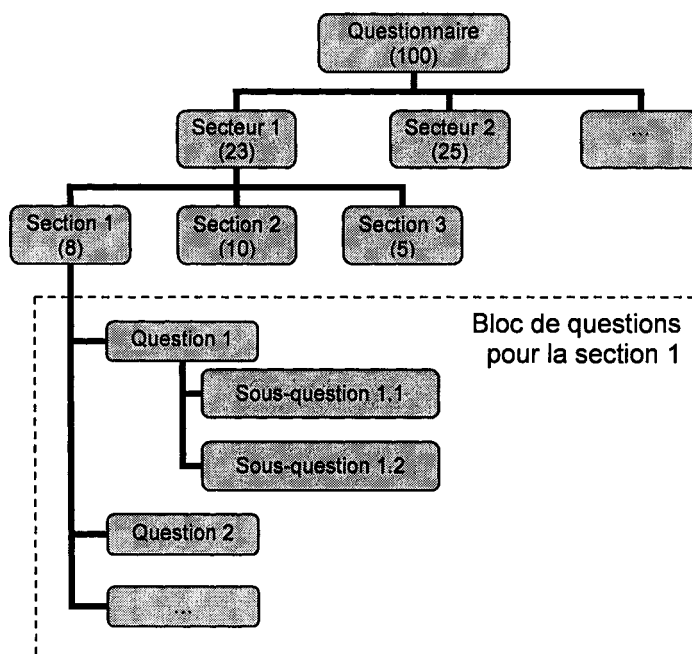


Figure 5.1 : Représentation hiérarchique d'un questionnaire.

En bout de ligne, nous obtenons trois questionnaires, chacun avec un modèle de calcul de risque différent. Ces modèles n'ont pas été testés, or nous ne connaissons pas vraiment leur comportement. Il est donc primordial de comprendre les modèles afin d'améliorer l'outil, et plus important encore, expliquer les résultats obtenus lors du calcul du risque d'un projet.

5.1.2 Principales différences entre les modèles de calcul

Étant donné que les questionnaires ont été développés séparément, les modèles sont différents les uns des autres, mais celui d'innovation diffère particulièrement des deux autres. Les questionnaires d'expansion et d'exportation sont fondés sur des questions qui influencent le risque de façon positive, c'est-à-dire des questions qui contribuent à augmenter le niveau de risque. En revanche, le questionnaire d'innovation, en plus de tenir compte des facteurs qui augmentent le risque, tient compte des facteurs qui diminuent le risque. C'est pour cette raison que les modèles de calcul sont si différents. Étant donné que les questionnaires d'expansion et d'exportation portent uniquement sur les facteurs qui augmentent le risque, il est normal que le modèle de calcul ne fasse qu'additionner la pondération des différentes réponses. À l'opposé, le fait de considérer les facteurs qui augmentent le risque ainsi que ceux qui le diminuent ont grandement compliqué le modèle de calcul d'innovation. Afin de calculer l'effet des facteurs qui diminuent le risque, nous devons soustraire la pondération de ces facteurs au résultat final. Il faut donc tenir compte du fait que le résultat final doit toujours se situer entre 0 et 100. Or, en permettant de soustraire au résultat final, ce résultat atteignait parfois des valeurs négatives. Le modèle a donc été ajusté de façon ad hoc avec une série d'additions, de soustractions, de produits et de quotients de façon à ce que le résultat final varie toujours entre 0 et 100; tâche qui n'a pas été facile.

Une autre particularité du questionnaire d'innovation est l'interdépendance entre certaines questions et certaines sections du questionnaire. Bien que le questionnaire d'exportation comporte également de telles dépendances, ce dernier ne complique pas vraiment le modèle de calcul. En effet, ses dépendances au niveau du calcul ne sont pas aussi complexes que celles du questionnaire d'innovation. Cette différence est due principalement au fait qu'il faut recalculer le résultat final de sorte qu'il se situe dans l'intervalle convenu dès le début. Dans le cas de l'exportation, ces sections sont exclusives, ce qui signifie qu'une et une seule section sera développée selon la réponse. La pondération est déterminée de façon telle que chaque section possède la même valeur. Le modèle de calcul n'aura donc qu'à tenir compte de cette dernière. Pour l'innovation cependant, une seule question peut développer plusieurs sections, comme elle peut n'en développer aucune. C'est ce détail qui vient compliquer davantage le modèle de calcul de l'innovation.

5.2 Objectif associé au générateur de résultats

Maintenant que les questionnaires sont créés, pondérés et implémentés sous forme de logiciel, nous devons étudier le comportement des modèles de calcul sous-jacents afin d'être capables d'interpréter les résultats. Pour l'instant, nous ne pouvons que soumettre des hypothèses par rapport aux résultats finaux. On ne pourrait, pour l'instant, affirmer avec certitude qu'un résultat aux alentours de 50 correspond à un risque "moyen". Et si c'était le cas, entre quels intervalles pourrions-nous considérer qu'un risque est "moyen"? À partir de quel résultat un risque est-il considéré "élevé"? Nous ne possédons, pour le moment, aucune base

sur laquelle se référer pour soumettre nos conclusions. Qui sait, un risque de 70, par exemple, pourrait être considéré comme moyen pour certains projets. Ceci soulève une autre question : "Est-ce que le niveau de risque devra être interprété de la même façon pour des projets différents?" L'objectif associé au générateur de résultats consiste donc à :

Étudier le comportement de chacun des modèles de calcul de façon à pouvoir interpréter les résultats obtenus tout en étudiant la "sensibilité" du modèle par rapport aux différents facteurs d'incertitude.

Afin de réaliser cet objectif, nous avons eu l'idée de créer un programme ayant comme fonction de générer tous les résultats finaux possibles pour un questionnaire donné. Ces résultats seront trouvés en simulant toutes les combinaisons de réponses permises, et ce pour chaque questionnaire. Le programme permettra également de trouver la fréquence de chaque résultat obtenu. Par la suite, nous serons en mesure de créer les graphiques de la fréquence des résultats obtenus en fonction des résultats pour chaque questionnaire. Ces graphiques donneront naissance à ce que nous appelons les **courbes globales des résultats** (CGR). À partir de ces derniers, nous pourrions visualiser l'**étendue** ainsi que la **concentration** des résultats. L'étendue permettra de vérifier les limites inférieures et supérieures des résultats. En d'autres mots, est-ce que les résultats varient bel et bien entre 0 et 100 inclusivement ? La concentration tant qu'à elle nous permettra de déterminer si les résultats sont dispersés de façon uniforme entre les limites ou si les résultats se concentrent autour des mêmes valeurs.

Ce qui rend cette approche possible est le fait que chaque question prend en entrée un nombre fixe de réponses, soient "oui", "non", "ne sait pas" et "ne s'applique pas" pour la plupart des questions, et quelques questions (trois pour être précis) où les choix de réponses sont un peu plus élaborés. Par conséquent, le nombre de combinaisons, bien que grand, n'est pas infini. Pour avoir une idée globale, le nombre de possibilités peut atteindre un maximum de 4^{172} (172 questions ayant 4 choix de réponses chacune), soit de l'ordre de $3,58 \times 10^{103}$ possibilités pour le questionnaire d'expansion qui est le questionnaire possédant le moins de questions.

Les résultats devraient en dire long sur le comportement des modèles de calcul; voire même s'il ne faudrait pas re-pondérer certaines questions ou modifier certaines composantes des questionnaires. Il faut se rappeler que les modèles sont le résultat implicite des pondérations sur les différentes questions en fonction de l'importance qu'on leur accorde dans l'évaluation du risque. Cependant, le plus important pour l'instant est l'interprétation des résultats. Lorsque les graphiques seront créés, nous verrons comment nous allons interpréter les données, mais pour le moment il nous est difficile de prédire comment nous allons procéder, ne connaissant pas l'allure des graphiques. Une façon différente de traiter les données pourrait être nécessaire pour chaque questionnaire. Nous supposons cependant que les graphiques de l'expansion et de l'exportation devraient être semblables, étant donné que leur façon de calculer le risque est très similaire. Une

chose est certaine, toutes données que nous ressortirons de la simulation seront un pas dans la bonne direction concernant l'étude du comportement des modèles.

5.3 Création du générateur

Nous avons initialement une idée bien précise de la façon dont le générateur devait se comporter. Cependant, le module pour la gestion du calcul étant déjà créé, nous considérons qu'il était plus rapide de reprendre les fonctionnalités déjà existantes plutôt que de créer du nouveau code. Ce code, déjà opérationnel, est utilisé lorsque l'évaluateur fait une demande de calcul à l'application. Le générateur de résultats se devait d'être simple, c'est-à-dire que nous ne devions pas nous éterniser sur l'élaboration du code; en autant que les résultats soient trouvés dans des délais raisonnables (1 ou 2 jours pourraient être acceptables). Nous avons donc créé un nouveau module auquel nous avons incorporé presque intégralement le module de calcul déjà existant.

Cette solution n'a toutefois pas eue les effets souhaités. Premièrement, la création du module pour le générateur s'est avérée beaucoup plus longue que prévue. Le code en place avait été écrit à l'origine plutôt comme prototype, donc n'avait jamais été optimisé pour la vitesse. De plus, les fonctions étaient étroitement reliées les unes aux autres de sorte qu'il était presque impossible d'éliminer du code ou des fonctions jugés "inutile" sans nuire à d'autres fonctionnalités du module. Malgré nos tentatives de bonifier le code, les temps de traitement étaient inacceptables comme on peut le constater dans le tableau 5.1. Avec l'optimisation du code, il fallait environ 55 minutes pour traiter 30 questions du questionnaire d'expansion. Nous estimons qu'il aurait fallu quelques mois afin de parcourir les 172 questions d'expansion.

Questions traitées	Temps de traitement
15	0 sec.
20	2 sec.
25	3.14 min
26	3.41 min
27	7.78 min.
30	55.84 min

Tableau 5.1 : Temps de traitement du premier générateur en fonction du nombre de questions.

Nous savions dès le départ qu'en utilisant le code existant, le temps de traitement serait plus long que si nous avions créé le code à partir de zéro, mais nous ne prévoyions pas des temps aussi élevés. Le code original n'a pas été conçu pour la rapidité mais pour l'efficacité. En effet, lorsqu'il y a demande de calcul, le programme vérifie automatiquement si toutes les questions nécessaires ont été répondues. Cette action, bien que nécessaire lors du calcul demandé par un évaluateur, exige énormément de temps et de ressources et est inutile au niveau

du générateur. Les réponses aux questions sont extraites de l'arborescence représentant la hiérarchie du questionnaire (par rapport au niveau des questions); c'est pourquoi il n'est pas nécessaire de valider les réponses. La création de l'arborescence est la première action exécutée par le générateur. Un algorithme permet par la suite de parcourir l'arbre afin de trouver toutes les combinaisons possibles de réponses. Pour chaque combinaison trouvée, c'est-à-dire lorsque l'arbre aura été parcouru une fois, le programme doit calculer le résultat pour le questionnaire au complet à partir de nouvelles réponses attribuées dynamiquement lors du parcours de l'arborescence. Par conséquent, le programme pourra calculer jusqu'à 4^{172} fois le résultat final dans le cas du questionnaire d'expansion. Ceci explique donc pourquoi les temps sont si élevés. Cette tentative s'avérait donc un échec et nous nous retrouvions à la case départ.

Nous nous sommes par la suite informés sur les ressources disponibles à l'Université pouvant nous aider à développer une application plus rapide. En fait, ce que nous cherchions était un ordinateur puissant sur lequel nous pourrions tester notre application. L'ordinateur initialement utilisé était un Pentium 800 MHz. Nous espérions qu'un ordinateur plus puissant puisse diminuer grandement le temps de traitement. Nous n'avons trouvé d'ordinateur tels que nous recherchions, mais deux nouvelles alternatives s'offraient à nous. La première consistait à utiliser un *cluster* disponible dans un pavillon voisin duquel nous nous situons. La seconde mettait à notre disposition un local contenant 12 ordinateurs dont nous pouvions disposer à notre guise; local appartenant au Département de mathématiques et d'informatique de l'Université.

La première alternative était la meilleure d'un point de vue performance, mais elle était celle qui demandait le plus de travail. Ce *cluster*, composé d'un contrôleur et de 10 nœuds, utilisait OSCAR (Open Source Cluster Application Ressources) [26] comme gestionnaire et MPI (Message Passing Interface) [27] comme librairie de communication entre les nœuds. Le problème était que nous ne connaissions ni OSCAR, ni MPI, et nous aurions perdu du temps précieux à apprendre leur fonctionnement. Aussi, pour rendre le code du générateur plus stable, il aurait fallu le transformer en C pour qu'il s'exécute sans problème sous la plate-forme Linux. Finalement, nous aurions été contraints de travailler sur le *cluster* en fonction d'un horaire imposé par les administrateurs de ce dernier. Étant donné que le *cluster* était nouveau et que ses administrateurs ne connaissaient pas son fonctionnement en totalité, ils préféraient ne pas mélanger plusieurs applications simultanément. Nous avons donc décidé d'éliminer cette alternative.

Notre idée concernant la seconde alternative consistait à brancher tous les ordinateurs en réseau et à faire calculer un secteur par processeur. Ceci permettrait de diminuer de façon considérable la durée du traitement, mais à quel point? Le gain de temps serait acquit en déléguant le calcul d'un secteur par ordinateur. Néanmoins, le temps final pour le calcul des secteurs individuels serait égal au temps nécessaire pour traiter le secteur le plus long du questionnaire. Le traitement pourrait donc nécessiter quand même quelques jours, ce qui aurait excéder les délais fixés. Outre le temps de traitement, l'utilisation de plusieurs ordinateurs ne semblait pas la façon idéale de procéder. À prime abord, cette alternative nous était offerte puisque le local contenant les ordinateurs ne servait pas lors de cette période. Même si en théorie le générateur n'aurait eu qu'à être exécuté qu'une seule fois par questionnaire, il se peut que des modifications aux

questionnaires nécessitent la réutilisation du générateur. Par conséquent, il faudrait avoir accès en tout temps à un certain nombre d'ordinateurs, ce qui n'était pas garanti.

Tout compte fait, nous préférons opter pour la troisième alternative, c'est-à-dire repartir à neuf avec notre idée de départ pour le générateur. Nous jugions qu'en bout de ligne cette alternative serait la plus avantageuse pour quatre raisons :

1. un seul ordinateur serait requis;
2. le programme n'aurait plus à attribuer des réponses aux questions lors du parcours de l'arborescence;
3. il n'y aurait plus de perte de temps à valider les réponses;
4. le calcul des poids serait effectué une seule fois.

La suite de cette section sera consacrée entièrement à la logique derrière le programme de génération des résultats. Nous y discutons son fonctionnement ainsi que le pourquoi de nos décisions.

Nous sommes donc repartis avec notre idée initiale qui consistait à créer une arborescence du questionnaire où chaque feuille représente un résultat possible pour une question de niveau 1. L'objectif derrière cette arborescence était de traiter le questionnaire de façon à devoir le parcourir une seule fois. Pour ce, nous devons traiter le questionnaire non pas comme un tout mais comme plusieurs parties distinctes qui, une fois combinées, donneront tous les résultats finaux. Il n'est donc plus nécessaire de parcourir l'arborescence maintes fois afin de trouver toutes les combinaisons de réponses possibles. Ceci permettra évidemment de sauver du temps de traitement en parcourant l'arborescence qu'une seule fois, mais surtout en n'ayant pas à calculer le résultat lors de chaque parcours de l'arbre.

Le but était donc de parcourir l'arbre pour atteindre les feuilles. Si le nœud rencontré lors de la recherche n'est pas une feuille, il n'y a pas d'action à performer et on passe au nœud suivant. C'est pour cette raison que tous les poids sont pré-calculés (indépendamment des réponses) lors de la création de l'arborescence. Aucun calcul n'est fait durant ou après le parcours de l'arbre. Cette arborescence contient tous les éléments du questionnaire : secteurs, sections, sous-sections ainsi que questions. Regardons la portion de code suivante représentant la hiérarchie pour la question 2 du questionnaire d'expansion. Ce code a été généré directement par le programme lors d'une simulation et est disponible en totalité à l'ANNEXE B.

```
...
SECTION 1
  QUESTION 2(radio) [factuelle] ---> non (1.92) *
  QUESTION 2(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
  QUESTION 3(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
  QUESTION 3(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
  QUESTION 4(radio) [perceptuelle] ---> non (1.92) *
  QUESTION 4(radio) [perceptuelle] ---> oui (0.4) *
  QUESTION 4(radio) [perceptuelle] ---> sp (1.6) *
  QUESTION 2(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
...
```

Nous avons préalablement mentionné dans le chapitre 1 que les questionnaires étaient composés de différents niveaux de questions (voir figure 1.1). Le premier

niveau, ou niveau 1, représente une question obligatoire, c'est-à-dire que l'utilisateur est obligé de répondre à cette question afin de compléter le questionnaire. Ces questions peuvent renfermer à leur tour des sous-questions de niveaux supérieurs (niveau $n+1$), comme c'est le cas pour la question 3 et la question 4 qui sont de niveau 2 et 3 respectivement. Nous avons utilisé des indentations dans le code ci-dessus afin de mieux distinguer le niveau des différentes questions. Une fois l'arborescence créée, il suffit de la parcourir et lorsque nous atteignons une feuille, représentée par un astérisque (*), nous venons de trouver un résultat possible pour cette question. Ce résultat correspond à une des combinaisons possibles de réponses. L'organigramme hiérarchique représenté par la figure 5.2 ci-dessous a été créé en fonction de la question 2 afin de mieux comprendre le fonctionnement. Nous remarquons que la question 2 possède trois choix de réponses, soient "non", "oui" et "nsp", ce qui indique que le programme devra parcourir trois branches différentes pour cette question. La première branche, représentant la réponse "non", mène directement à une feuille. Ceci indique qu'il n'y a pas de sous-question associée à la réponse "non". Subséquemment, une des valeurs possibles pour la question 2 est de 1.92. La prochaine étape consiste à revenir sur nos pas et à emprunter la seconde branche, cette fois-ci correspondant à la réponse "oui". Cette réponse engendre une sous-question. Cette sous-question sera parcourue de la même façon que pour la question 2. Le procédé se répètera tant et aussi longtemps que tous les nœuds de l'arbre ne seront pas parcourus.

Les résultats obtenus lors du parcours de l'arborescence sont stockés dans une table de hachage¹¹ au fur et à mesure qu'ils sont trouvés. Une table est créée par question de niveau 1. Les tables de hachage sont utilisées ici d'une manière bien particulière. Nous utilisons le résultat comme clé dans la table et le nombre d'occurrences de ce résultat comme valeur associée à cette clé. Cette façon de procéder permet notamment de sauver de l'espace mémoire en stockant une seule fois une même valeur. Comme nous le verrons dans les prochains paragraphes, cette technique aide également à réduire le nombre de calculs effectués. Rappelons-nous qu'une section contenant, par exemple, 10 questions possède au maximum 4^{10} résultats possibles, soit 1 048 576 résultats. Il était donc dans notre plus grand intérêt de trouver une solution afin de minimiser non seulement l'espace mémoire utilisée, mais aussi le temps de traitement.

¹¹ Table qui permet un accès direct aux éléments d'un tableau via une clé.

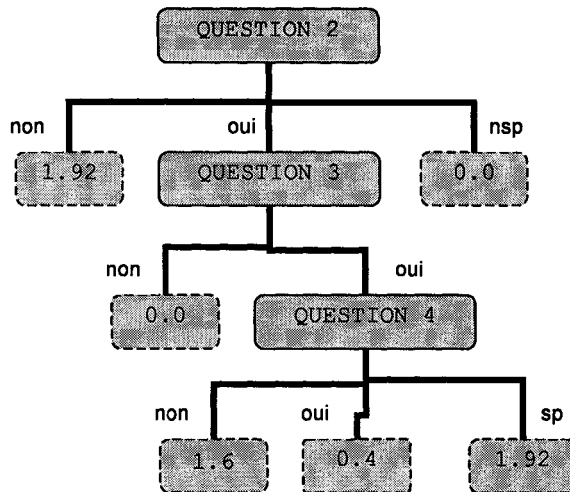


Figure 5.2 : Organigramme hiérarchique représentant l'arborescence pour la Questions 2. Chaque chemin menant à une feuille représente une combinaison de réponses possibles pour une question de niveau 1, soit la Question 2.

Reprenons l'organigramme de la question 2. Quatre résultats différents peuvent être obtenus pour cette question (1.92, 0.0, 1.6 et 0.4) lesquels serviront de clés dans la table de hachage associée à la question 2. Étant donné que les valeurs 1.92 et 0.0 reviennent deux fois chacune, la valeur attribuée à ces deux clés sera de 2. Les autres seront initialisées à 1 du fait que ces résultats ne sont obtenus qu'une seule fois chacun. Donc, au lieu de stocker une valeur X plusieurs fois dans la table de hachage, nous la stockons une seule fois et utilisons son nombre d'occurrences comme valeur associée à cet élément. La figure 5.3 représente les tables de hachage correspondant aux questions 2 et 5 respectivement.

QUESTION 2	
clé	valeur
1.92	2
0.0	2
0.4	1
1.6	1

QUESTION 5	
clé	valeur
1.2	1
2.08	1
1.6	1
0.0	2

Figure 5.3 : Représentation des tables de hachage pour les questions 2 et 5.

Une fois que toutes les questions de niveau 1 d'une même section auront été traitées (tel que décrit dans le paragraphe précédent), les tables de hachages seront "additionnées" puis stockées sous forme de texte dans un fichier. L'addition des tables donnera naissance à une nouvelle table contenant cette fois-ci tous les résultats possibles pour une section. Dans le cadre de notre exemple, les clés de la nouvelle table sont obtenues en additionnant tous les couples résultants du produit cartésien des clés de la première table (questions 2) par les clés de la deuxième table (question 5). La valeur d'une clé de cette même table est obtenue par le produit des valeurs associées aux clés des tables initiales ayant engendré la clé considérée (voir figure 5.4). Donc, au lieu de calculer quatre fois 0.0 x 0.0 (voir

rangée surlignée dans la figure 5.4), il est calculé seulement une fois et la multiplication de leurs valeurs respectives permettra de trouver le nombre d'occurrences de ce résultat. Plus un résultat est fréquent, c'est-à-dire que sa valeur est élevée, plus cette technique est efficace.

Cette nouvelle table sera ensuite additionnée à la question 7 et ainsi de suite, tant que toutes les questions de la section ne seront pas calculées. Lorsque le programme aura passé à travers une section complète, la table représentant la section sera stockée dans un fichier sous forme de texte. De ce fait, un fichier sera créé par section. Le fait d'écrire les données dans un fichier permet encore une fois de libérer de l'espace mémoire durant le calcul des autres sections, mais également d'avoir une copie de sauvegarde si jamais le programme devait s'interrompre de façon inattendue.

QUESTION 2 X QUESTION 5			QUESTION 2 X QUESTION 5			QUESTION 2 X QUESTION 5	
clé	valeur		clé	valeur		clé	valeur
1.92 + 1,2	2 x 1	=	3.12	2	=	3.12	2
1.92 + 2,08	2 x 1		4.0	2		4.0	2
1.92 + 1,6	2 x 1		3.52	2		3.52	2
1.92 + 0,0	2 x 2		1.92	4		1.92	4
0.0 + 1,2	2 x 1		1.2	2		1.2	2
0.0 + 2,08	2 x 1		2.08	2		2.08	2
0.0 + 1,6	2 x 1		1.6	2		1.6	5
0.0 + 0,0	2 x 2		0.0	4		0.0	4
0.4 + 1,2	1 x 1		1.6	1		2.48	1
0.4 + 2,08	1 x 1		2.48	1		2.0	1
0.4 + 1,6	1 x 1		2.0	1		0.4	2
0.4 + 0,0	1 x 2		0.4	2		2.8	1
1.6 + 1,2	1 x 1		2.8	1		3.68	1
1.6 + 2,08	1 x 1		3.68	1		3.2	1
1.6 + 1,6	1 x 1		3.2	1			
1.6 + 0,0	1 x 2		1.6	2			

Figure 5.4 : Exemple de concaténation des deux tables de hachage représentées à la figure 5.3.

Au fur et à mesure que le programme parcourt l'arborescence, un "fichier guide" est créé afin d'indiquer au programme quelles sections doivent être additionnées ensemble pour trouver les résultats possibles pour un secteur. Le "fichier guide" pour l'expansion se retrouve dans l'ANNEXE B. Une fois toutes les sections calculées, c'est-à-dire lorsque l'arbre aura été exploré au complet, le programme utilisera le "fichier guide" afin de charger en mémoire les sections appropriées pour calculer les résultats pour les secteurs. Finalement, tous les résultats trouvés pour le questionnaire sont stockés dans un fichier texte, mais aussi dans un chiffrier Excel de façon à pouvoir faire des statistiques et des graphiques avec ces données. Il existe un inconvénient cependant : Excel a ses limites quant au

nombre de lignes possibles. Par conséquent, si le nombre d'entrées excède 65 536, les données ne seront pas sauvegardées dans le fichier Excel.

Finalement, nous avons ajouté dans le simulateur la possibilité de faire la distinction entre les questions factuelles et perceptuelles. Rappelons-nous que les questions perceptuelles font appel à l'expertise et aux opinions des évaluateurs, tandis que les questions factuelles font appels à des faits objectifs ainsi qu'à des statistiques propres au projet évalué. Par conséquent, les réponses aux questions factuelles ne devraient pas, en principe, varier d'un évaluateur à l'autre. Cet aspect du logiciel sera utilisé lorsque nous analyserons des projets préconçus pour fins d'études du logiciel. Ces projets, qui font l'objet du chapitre 6, nous aiderons à mieux comprendre les différents facteurs d'incertitude. Le fonctionnement de cet ajout est très simple. Tout d'abord, les réponses aux questions dites factuelles doivent être prédéterminées en fonction du projet étudié. Par la suite, elles seront stockées dans une base de données. Ces réponses pouvant différer d'un projet à l'autre, un paramètre a été ajouté afin que l'utilisateur du simulateur puisse indiquer au programme quelle série de réponses doit être chargée en fonction du projet. Le programme ne fait donc qu'éliminer toutes les possibilités autres que les réponses prédéfinies pour les questions factuelles, réduisant ainsi le nombre de combinaisons total de réponses. En d'autres mots, ceci aura pour effet de supprimer certaines branches de l'arbre. Nous discuterons en détail des résultats des différentes analyses dans les chapitres 7 et 8.

5.4 Caractéristiques du générateur

Le principe final pour la simulation est donc assez simple. On trouve d'abord tous les résultats possibles pour une question de niveau 1 puis, à partir de ces résultats, le programme calcule les résultats possibles pour les sections, puis les secteurs et finalement pour le questionnaire au complet. Cette manière de procéder rend le programme de simulation très performant¹² comme en témoigne le tableau 5.5. La vitesse de la version finale du simulateur s'avère incomparable à la première version. Cette diminution du temps est attribuée au fait que :

1. il n'y a plus de validation des réponses;
2. les calculs sont faits par petits blocs de questions plutôt que pour le questionnaire au complet en un seul bloc;
3. il y a une meilleure gestion de la mémoire;
4. la recherche dans l'arborescence a été optimisée;
5. il n'y a plus de calculs inutiles des poids des questions (calculés une seule fois lors de la création de l'arborescence).

Le temps de traitement varie cependant en fonction de la précision souhaitée des résultats, c'est-à-dire du nombre de décimales que nous désirons. Ceci est logique du fait que pour un intervalle quelconque, plus il y a de décimales, plus il y a de valeurs possibles. Prenons comme exemple l'intervalle 0 à 1; ou si vous préférez [0, 1]. Avec zéro décimales, nous obtenons un maximum de deux possibilités de résultats soient 0 et 1. Par contre, si nous utilisons une décimale, le nombre de

¹² Les temps indiqués ne tiennent pas compte de la distinction entre les questions factuelles et perceptuelles.

résultats total possible passera de deux à onze (0.0, 0.1, 0.2, ..., 1.0). Il est donc tout à fait normal que plus une table de hachage contient d'éléments et plus le temps de recherche d'une clé est long. Rappelez-vous que les clés correspondent aux résultats différents possibles. Bien que la dimension de la table de hachage résultante puisse devenir très importante, elle est minuscule comparativement à la dimension qu'elle aurait si tous les résultats obtenus lors de la génération étaient stockés. Le tableau 5.2 parle pour lui-même. Cette économie d'espace et de temps est due en grande partie au fait que chaque valeur différente est stockée une seule fois dans la table. L'exécution du générateur est tellement rapide que cela nous permet d'exécuter le programme quand bon nous semble. De plus, certains ajouts ont été apportés au programme afin de subvenir à différents besoins, tels l'affichage du parcours dans l'arborescence et certaines statistiques par rapport aux résultats.

Questionnaire	Nb de décimales	Nb de résultats différents	Temps de traitement
Expansion	0	90	18.44 secs.
Exportation	0	94	22.06 secs.
Expansion	1	887	35.25 secs.
Exportation	1	943	40.06 secs.
Expansion	2	8834	14 min 01 sec.
Exportation	2	9403	12 min 45 secs.

Tableau 5.2 : Temps de traitement du générateur final en fonction du nombre de questions.

Étant donné que les nombres d'occurrences (fréquence absolue) des résultats sont très élevés (voir ANNEXE D), nous avons dû utiliser des objets de type "BigInteger" afin de s'assurer que l'objet puisse supporter de tels chiffres. Ce type était en fait le seul (en Java) capable de supporter des chiffres d'une telle ampleur. Parlant d'ampleur, le nombre de résultats possibles (résultant de la concaténation des tables de hachages créées lors de la génération des résultats) pour l'expansion est de l'ordre de $6.53e+44$ et de $3.83e+43$ pour l'exportation (voir le tableau 5.3 pour le nombre exact de combinaisons). En d'autres mots, il y a $6.53e+44$ façons différentes de répondre au questionnaire d'expansion et $3.83e+43$ façons pour celui d'exportation.

Questionnaire	Nombre de résultats possibles
Expansion	653 046 686 747 235 013 314 503 245 824 000 000 000 000 000
Exportation	38 334 817 018 417 001 764 336 805 377 191 444 480 000 000

Tableau 5.3 : Nombre de résultats possibles pour les questionnaires d'expansion et d'exportation.

La base de données utilisée pour entreposer les données du questionnaire est Oracle 9i. La base de données ainsi que le générateur sont situés sur la même machine, soit un Pentium 800MHz possédant 640Mo de RAM. La vitesse de traitement sera donc portée à varier en fonction de l'ordinateur utilisé lors de la génération des résultats.

5.5 Travaux à compléter

Toutes ces expériences et modifications ont grugées beaucoup de notre temps et le simulateur fonctionne uniquement pour les questionnaires d'expansion et d'exportation. Nous avons initialement utilisé le questionnaire d'expansion comme cobaye afin de nous donner un aperçu général du temps de traitement. Ce questionnaire fut utilisé du fait qu'il possède le moins grand nombre de questions, mais aussi parce qu'il est le plus simple au niveau des calculs. Étant très satisfaits des temps, nous y avons ajouté le code pour traiter l'exportation. Les différences au niveau des modèles de calcul de ces questionnaires sont minimales et c'est pour cette raison que nous avons pu incorporer le code de l'exportation dans celui de l'expansion. Cette différence se situe dans les dépendances entre les sections comme nous en avons fait part dans la section 5.1.2.

Le temps se faisant de plus en plus précieux et d'autres objectifs encore à compléter, la nécessité de sacrifier temporairement la partie (ce volet) d'innovation du simulateur devenait inévitable. Par conséquent, le code pour la simulation de l'innovation devra se faire dans une suite éventuelle à nos travaux. À cause de sa complexité, le nouveau code devra être développé dans un module séparé afin de ne pas nuire aux performances du simulateur telles que nous les connaissons aujourd'hui. Nous savons cependant que ses performances seront inférieures aux questionnaires d'expansion et d'exportation à cause de la complexité du modèle de calcul (voir section 5.1.2).

Chapitre 6

Démarche suivie pour l'étude de cas

Le générateur de résultats nous permet d'étudier les différents questionnaires de façon générale en faisant ressortir tous les résultats possibles. Nous voulons maintenant observer certains facteurs particuliers, que nous appelons facteurs d'incertitude, afin d'en étudier leurs comportements. Pour ce, il faut créer des cas fictifs, lesquels nous permettront d'analyser ces différents facteurs. Ces mêmes cas nous permettront également d'étudier l'impact de la nature des projets sur le niveau de risque final.

- 6.1 But de l'étude
- 6.2 Création du premier cas
- 6.3 Travaux à compléter

6.1 But de l'étude

La première étape dans l'étude du comportement des questionnaires était la création d'un programme permettant de générer tous les résultats possibles pour les trois questionnaires. Cette étape, dont faisait l'objet du chapitre 5, allait nous permettre de tracer le graphique de la fréquence des résultats obtenus en fonction des résultats pour chaque questionnaire. Chaque CGR¹³ résultante sera par la suite analysée pour étudier le comportement des différents modèles de calcul. Il est très difficile cependant de prévoir l'allure des courbes et pourtant, elles sont très importantes puisqu'elles fondent la base pour l'étude des modèles de calculs. En effet, si la courbe respecte une loi particulière telle la loi de Student ou de khi-deux il sera plus facile d'analyser la courbe. En revanche, il est possible que la courbe résultante soit une courbe quelconque ne respectant aucune loi particulière. La figure 6.1 propose trois exemples de courbes qui pourraient caractériser les CGR. Nous présenterons les CGR de l'expansion et de l'exportation dans le prochain chapitre, lorsque nous discuterons des résultats de l'étude.

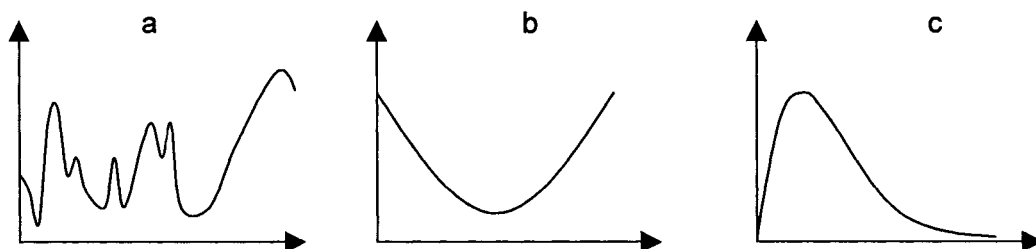


Figure 6.1 : Exemples de courbes globales de résultats. La courbe a) représente une courbe ne respectant aucune loi particulière. Par contre, les courbes b) et c) seraient plus faciles à étudier.

¹³ Une courbe globale de résultats (CGR) est le graphique de la fréquence des résultats obtenus en fonction des résultats pour un questionnaire donné.

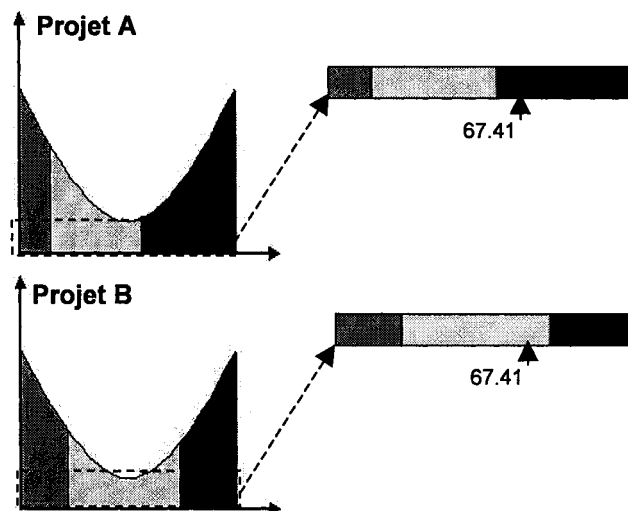
L'étude du risque n'est pas une science exacte et c'est pourquoi il ne faut pas se fier uniquement à l'interprétation des CGR. Nous ne pourrions jamais prédire avec exactitude le résultat d'une évaluation car il y a trop de facteurs qui peuvent influencer les résultats. Il est question de ces facteurs (d'incertitude) dans la section 4.3. C'est pourquoi la seconde étape de l'étude consiste à élaborer divers cas afin d'étudier certains de ces facteurs d'incertitude. Ces cas sont des projets élaborés par des experts, et basés ou inspirés de cas réels, afin (1) d'étudier un ou plusieurs facteurs d'incertitude précis. Ces mêmes cas permettront également (2) d'étudier des projets de natures différentes, par exemple la mise en vigueur d'une nouvelle loi ou l'ouverture d'un restaurant de fine cuisine. Ces projets seront par la suite évalués par un groupe d'évaluateurs. Dans la mesure du possible, chaque projet devrait être évalué par au moins une douzaine d'évaluateurs afin d'avoir une évaluation la plus représentative possible. Les résultats obtenus par les évaluateurs devraient notamment tenir compte de l'expérience de ceux-ci. L'expérience est un des facteurs d'incertitude importants dans cette étude et elle devrait être étudiée pour chaque projet.

Les projets seront étudiés de deux façons. La première consiste à générer un graphique représentant chaque cas. Pour ce, une série de "bonnes réponses" seront fournies par le spécialiste ayant conçu le cas afin de pouvoir créer un graphique du projet à partir du générateur de résultats. Ces "bonnes réponses" seront fournies pour les questions factuelles, car nous jugeons que les réponses ne devraient pas varier d'un expert à l'autre pour ce type de questions. En d'autres mots, tous les évaluateurs devraient, en théorie, répondre de la même façon à ces questions. Donc, lorsque le générateur rencontre une question factuelle durant le parcours de l'arborescence, il calcule uniquement les résultats possibles à partir de la réponse fournie pour cette question. La façon de traiter les questions perceptuelles reste la même, c'est-à-dire qu'on doit calculer les résultats pour toutes les réponses possibles à cette question. La courbe créée pour chaque projet pourra par la suite être comparée à la courbe témoin (CGR) du questionnaire.

Une fois la courbe du projet créée, nous pourrions la superposer à la CGR afin de tenter de cerner les régions correspondant aux différents niveaux de risque ("faible", "moyen" et "élevé") concordant au cas étudié. Ceci permettra de séparer le graphique en intervalles de manière à représenter les niveaux de risque comme le démontre la figure 6.2. Or, il est difficile pour l'instant de déterminer comment nous allons traiter la CGR de façon à obtenir les trois niveaux de risque. Nous devons évaluer une série de projets avant de poser une hypothèse sur comment nous devons procéder exactement. En effet, ne sachant pas l'allure que peuvent avoir les CGR et les courbes de projets, il est difficile de faire une spéculation quelconque sur la façon dont nous allons agir. Cependant, cette étape est très importante afin de modifier la façon dont nous voulons présenter le résultat à l'évaluateur. Présentement le niveau de risque final est présenté à l'évaluateur sous forme quantitative. Or, il est difficile pour l'évaluateur d'interpréter un tel résultat. Dès lors, l'évaluateur préférera qu'on lui présente les résultats sous forme "Le projet comporte un risque moyen" ou encore mieux, sous forme d'échelle comme celle représentée à la figure 6.2. Cette dernière permet de faire la nuance entre les projets de différentes natures. En effet, nous prétendons que la nature d'un projet pourrait influencer l'interprétation finale du risque. En d'autres mots,

deux projets d'expansion pourraient avoir une même cote de risque; cependant, à cause de leurs natures différentes, le projet A pourrait avoir un risque "élevé", tandis que le risque du projet B pourrait être considéré "moyen". Toujours en regardant la figure 6.2, nous constatons que les résultats du Projet A et du Projet B sont représentés par des échelles différentes. Ceci s'explique par la nature différente des projets. Subséquemment, pour un même niveau de risque, soit 67.41 par exemple, le niveau de risque du Projet A est considéré "élevé", tandis que celui du Projet B est considéré "moyen". À l'aide de ces échelles, l'évaluateur pourra donc plus facilement interpréter le risque du projet.

Figure 6.2 : Exemple d'échelles représentant le niveau de risque (67.41) pour deux projets de natures différentes.



La seconde façon d'étudier les projets sera l'analyse des facteurs d'incertitude. Pour ce, les résultats de chaque évaluateur seront comparés afin d'analyser certains facteurs particuliers en fonction du projet. Étant donné la nature de certains facteurs, il sera difficile d'évaluer ces derniers avec précision. Pour d'autres, il sera impossible d'évaluer leur apport dans le résultat final.

L'étude de cas s'avère donc une étape essentielle à la compréhension des modèles de calcul en nous permettant de mesurer l'effet des différents facteurs d'incertitude et ce, en fonction de projets de diverses natures. Un modèle mathématique sera par la suite élaboré de façon à calculer l'effet global de ces facteurs. Ainsi, le niveau de risque final pourrait devenir, par exemple, $67,41 \pm 0,74$ ou être présenté sous forme d'intervalle comme par exemple $[65.94, 67.52]$ ¹⁴. Aussi, nous tenterons de séparer la CGR en intervalles de sorte à mieux qualifier le niveau de risque. Ceci nous permettra également de déterminer si ces intervalles varient en fonction de la nature du projet ou non. Ces intervalles seront estimés à partir des résultats obtenus par les différents évaluateurs en fonction du niveau de risque prédéterminé du projet.

¹⁴ Ce résultat n'a aucun lien avec le résultat 67.41 ± 0.74 . Cet exemple démontre plutôt que le niveau de risque final ne serait pas nécessairement centré par rapport aux bornes de l'intervalle.

6.2 Création du premier cas

L'élaboration du premier cas s'est avérée encore une fois plus difficile et plus long que prévu. C'est pour cette raison qu'un seul cas a été créé pour le moment. Ce cas, portant sur l'expansion, a été développé par le professeur Josée St-Pierre, l'une des expertes ayant participé à la création des questionnaires d'expansion et d'exportation. Cette section discutera du projet lui-même ainsi que du processus suivi pour la collecte des résultats.

6.2.1 Élaboration du cas

Le premier cas fut créé en parallèle avec la création du générateur de résultats. Le projet devait posséder assez d'informations pour que l'évaluateur puisse remplir le questionnaire, mais il devait aussi laisser cours à l'interprétation de l'évaluateur. En effet, un des facteurs que nous voulons étudier à l'aide de ces projets est l'expertise de l'évaluateur. Donc, en laissant un aspect subjectif dans l'énoncé, nous reflétons beaucoup mieux la réalité. Ce projet sert en quelque sorte de cobaye étant donné que c'est le premier projet de la sorte que nous créons. Un maximum d'effort a été consacré sur le contenu du projet plutôt qu'à l'étude des facteurs d'incertitude. Le projet se résume ainsi (l'énoncé complet du projet figure dans l'ANNEXE C) :

Une jeune entreprise a de moins en moins de facilité à desservir ses principaux clients parce que la taille de leurs commandes s'accroît, qu'elle doit livrer à temps et qu'elle n'a pas les capacités physiques pour répondre adéquatement à cette situation. Elle songe donc à accroître la capacité de production pour répondre à cette demande et éventuellement aller à l'exportation.

Nous n'avions jamais anticipé que la création d'un tel projet pouvait être aussi complexe. Même l'experte n'avait pas prévu l'ampleur ainsi que la difficulté de cette tâche : *"J'ai trouvé cet exercice très difficile pour certaines questions. Par exemple, les questions qui traitent de situations passées, sont relativement faciles à classer puisque les réponses reposent souvent sur des faits. De même, les questions prospectives qui consistent à demander si une situation vécue pouvait se reproduire dans l'avenir demandent la perception du répondant, alors ici aussi c'est facile. Mais certaines questions de jugement sont plus compliquées. Par exemple, lorsqu'on demande si une personne a les habiletés nécessaires pour occuper une fonction dans l'entreprise, on peut répondre de façon factuelle si on connaît la formation académique et l'expérience de cette personne, alors que si on est à l'extérieur, on sera porté à évaluer la personne sur notre jugement et non sur des faits, puisqu'on ne la connaît pas. Il est donc possible, pour un certain nombre de questions que j'ai classées factuelles, par exemple, que la variance soit plus grande qu'attendu parce que cette information pourrait être aussi bien considérée comme perceptuelle. Je m'attendrais alors à voir des résultats plutôt ambigus sur un certain nombre de variables. Cet exercice est*

difficile et probablement que si j'avais pu le faire avec une autre personne, cela aurait pu atténuer l'incertitude sur le classement."

6.2.2 Évaluation du cas

Aussitôt que la rédaction du cas fut terminée, l'énoncé du projet ainsi qu'une version papier du questionnaire ont été envoyés aux évaluateurs via courrier électronique. Parmi les quatorze évaluateurs, nous y trouvions des "experts seniors", des "experts juniors" ainsi que des "non experts". Le choix d'utiliser le questionnaire sous format papier plutôt que d'utiliser **eRisC** directement en ligne s'est justifié du fait que tous les évaluateurs n'avaient pas accès à une connexion Internet hors des heures de bureau. Ce choix nous a cependant ralenti dans notre démarche. Tout d'abord, nous avons dû entrer manuellement les réponses de chaque évaluation dans **eRisC**. En entrant les réponses dans le logiciel, nous nous sommes rendus compte que certains évaluateurs n'avaient pas reçu la bonne version du questionnaire. D'autre part, certains utilisateurs avaient omis de répondre à certaines questions. Nous sommes donc retournés voir les évaluateurs afin qu'ils puissent, soit compléter le questionnaire, soit modifier leurs réponses afin de s'adapter à la version finale du questionnaire.

Un point auquel nous n'avions cependant pas pensé en utilisant le questionnaire papier était que ce dernier permettait à l'évaluateur de voir les prochaines questions (et sous-questions), ce qui incitait l'utilisateur, dans certains cas, à modifier ses réponses en fonction des prochaines questions. Or, plus on descend dans la hiérarchie du questionnaire (plus le niveau de la question est élevé) et plus les questions tendent à être pointues. En voyant ces questions, l'évaluateur est donc porté à répondre aux questions de sorte à devoir répondre aux questions plus "pointues". Ceci a comme effet de biaiser quelque peu les résultats finaux mais pas de façon alarmante. La version en ligne du logiciel permet cependant à l'évaluateur de lire uniquement les questions obligatoires.

La période d'évaluation s'est étendue sur une durée d'environ trois semaines après laquelle nous avons pu commencer à compiler les résultats des évaluations. Nous avons donc créé le graphique représentant le projet à l'aide des "bonnes réponses" fournies par Mme St-Pierre. Par la suite, nous avons demandé aux évaluateurs leur opinion par rapport au niveau de risque du projet dans le but de les comparer avec leurs résultats ainsi qu'avec la CGR.

6.3 Travaux à compléter

Éventuellement, d'autres cas devront être élaborés afin d'étudier tous les facteurs d'incertitude par rapport aux trois questionnaires. Les évaluateurs devront répondre directement avec **eRisC** afin d'éviter tous délais ou complications inutiles. Les premiers projets devront mettre l'emphase sur les différents facteurs de risque et ce, en fonction des trois questionnaires. Par la suite, nous pourrons créer des cas selon différentes natures et différents niveaux de risque. Les évaluations ainsi que

les commentaires faits par les différents utilisateurs actuels de **eRisC** seront également employés dans notre étude.

Par la suite, nous pourrons commencer à élaborer une liste des différentes natures de projets. Au début, cette liste serait simpliste, mais plus nous évaluerons de projets, plus la liste deviendra exhaustive. Cette liste sera utilisée afin de situer le niveau de risque en fonction de la nature du projet. Les intervalles établis durant l'étude des cas seront entrés dans la base de données en fonction de la nature du projet. Subséquemment, lorsque l'évaluateur aura terminé son évaluation, l'échelle des résultats sera créée d'après les intervalles propres à la nature du projet évalué. Or, il pourrait être difficile pour l'évaluateur de déterminer la nature exacte du projet évalué. En procédant de cette façon, l'utilisateur aura la possibilité d'évaluer son risque en fonction de différentes natures de projets, et seul le résultat final n'aura qu'à être sauvegardé.

eRisC est composé de modèles mathématiques implicites permettant uniquement de quantifier le niveau de risque. C'est à nous par la suite, à l'aide d'études, de tenter d'expliquer le résultat obtenu par l'évaluateur. Pour l'instant, nous pensons que la nature du projet peut influencer l'interprétation du niveau de risque. Cependant, si elle n'influence d'aucune sorte l'interprétation du risque, nous n'aurons pas besoin de créer la liste. La liste est uniquement un moyen supplémentaire permettant à l'évaluateur d'interpréter le risque. Cette étude de cas peut prendre beaucoup de temps, mais nous ne pouvons la prendre à la légère.

Partie III

Résultats et Analyse

Cette partie discute de résultats obtenus à partir des démarches discutées dans les chapitres 5 et 6.

Cette discussion sera présentée en deux chapitres, soient :

- 7. Résultats et analyse**
- 8. Conclusion**

Chapitre 7

Résultats et analyse

Ce chapitre discute des résultats obtenus lors des simulations dont il était question dans les chapitres 5 et 6.

- 7.1 Étude du comportement des modèles de calcul**
- 7.2 Étude du premier cas d'expansion**
- 7.3 Facteurs d'incertitude**
- 7.4 Prochaines étapes de l'étude**

7.1 Étude du comportement des modèles de calcul

Il est maintenant temps de vérifier les données retournées par notre générateur de résultats. La première étape consiste à créer les graphiques pour les questionnaires d'expansion et d'exportation à partir des données écrites dans le fichier Excel créé à cet effet. Nous avons stocké les données dans un fichier Excel dans le but d'accélérer l'analyse ainsi que le traitement des données. Étant donné que les valeurs en ordonnée sur les graphiques étaient énormes (de l'ordre de 10^{44} pour l'expansion et de 10^{43} pour l'exportation), nous avons converti ces données en fréquences relatives. De cette façon, les graphiques sont complets et beaucoup plus lisibles. Les résultats (valeurs quantitatives) obtenus sont disponibles en ANNEXE D. Étant donné que nous voulons étudier l'aspect global des CGR, les valeurs retournées par le générateur ne possèdent aucune décimale. L'ajout de décimales ne ferait qu'augmenter le temps de traitement et n'apporterait rien de plus à notre analyse.

7.1.1 Analyse des résultats

En regardant premièrement les données en ANNEXE D, nous constatons qu'il est impossible d'atteindre la limite supérieure théorique des questionnaires qui est de 100. En effet, les résultats pour le questionnaire d'expansion varient uniquement entre 0 et 89, tandis qu'ils varient entre 0 et 93 pour le questionnaire d'exportation. Cette remarque est très importante car elle indique que les résultats retournés par les modèles de calcul (d'expansion et d'exportation) ne sont pas des pourcentages comme nous l'avons souhaité. Après analyse des résultats, nous avons constaté qu'il était impossible d'obtenir le résultat maximum de 100 pour certains secteurs. La pondération du questionnaire a été faite de manière à ce que le total pour chaque secteur varie entre 0 et 100 (voir section 5.1.1 pour plus de détails sur la structure des questionnaires). Or, pour certains secteurs, les résultats n'atteignent jamais 100. Ceci explique pourquoi il est impossible d'aboutir à un résultat final de 100. Ce détail, aussi simple soit-il, a pu être découvert uniquement à l'aide du générateur. En effet, les arbres de décision générés par le générateur sont tellement grands qu'il aurait été impensable de faire cette validation

manuellement. À partir de ces données, nous pourrions étudier davantage la structure des différents secteurs afin de s'assurer que le résultat final puisse atteindre un résultat de 100. Pour l'instant, nous pourrions contrer cet effet en utilisant une règle de trois.

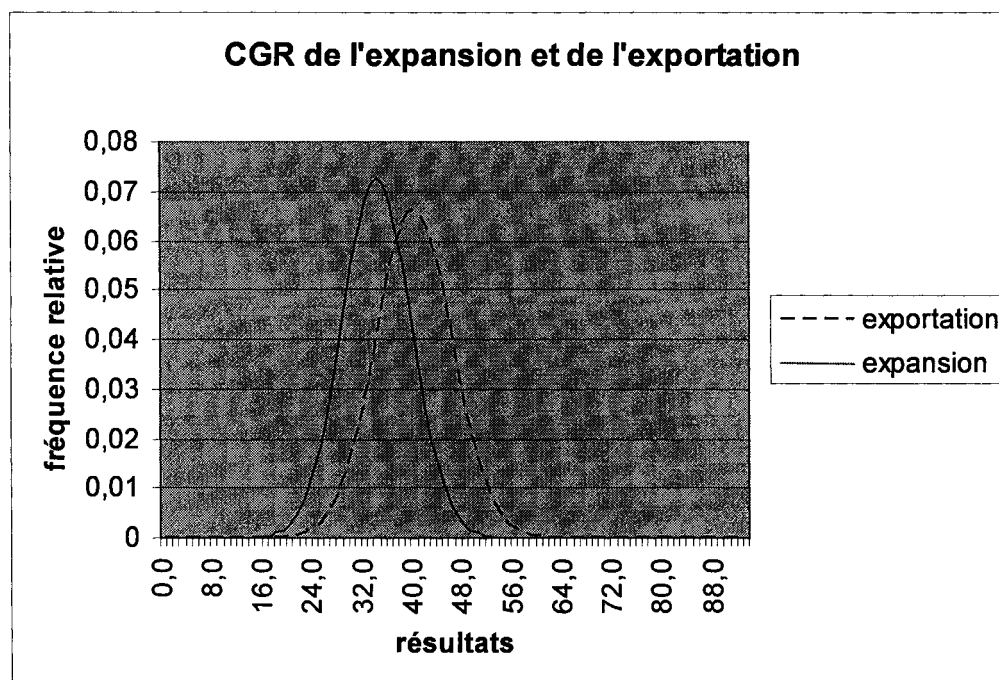


Figure 7.1 : Courbe générale des résultats pour les questionnaires d'expansion et d'exportation. Nous avons converti les valeurs en ordonnée (axe des y) en fréquences relatives étant donné que ces valeurs étaient de l'ordre de 10^{44} pour l'expansion et de 10^{43} pour l'exportation.

Analysons maintenant le graphique de la figure 7.1. Nous remarquons que les sommets des graphiques ne sont pas centrés par rapport à leur intervalle respectif ([0, 89] pour l'expansion et [0, 93] pour l'exportation), ni par rapport à l'intervalle [0, 100]. Pour la courbe de l'expansion, nous atteignons un sommet à la valeur 34, tandis que pour l'exportation, le sommet est atteint à la valeur 40. Nous espérons que cette médiane corresponde à un risque "moyen". Ceci aurait grandement simplifié l'interprétation des résultats. D'autre part, nous calculons, toujours à partir des données en ANNEXE D, que 99,26% des résultats retournés par le modèle de calcul de l'expansion se situent dans l'intervalle [20, 48], tandis que 99,11% des résultats pour le questionnaire d'exportation se retrouvent dans l'intervalle [25, 55]. Nous avons choisi des points équidistants du sommet des graphiques afin de créer ces intervalles. Nous aurions pu choisir d'autres intervalles, mais les fréquences relatives sont tellement petites dans cette portion du graphique que les pourcentages ne varient presque pas. Cette statistique prouve néanmoins qu'il est quasi impossible d'obtenir un résultat hors de cet intervalle. Des mesures devront donc être prises afin d'agrandir ces intervalles; en occurrence, il faudra revoir la pondération des réponses. Ces

nouveaux poids devraient permettre d'augmenter l'écart-type de la courbe, ce qui aura comme effet d' "aplatir" cette dernière (voir figure 7.2), et conséquemment d'élargir l'intervalle des résultats possibles pour ce questionnaire.

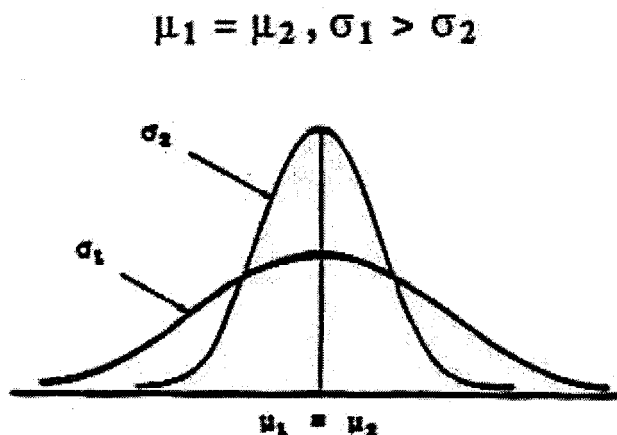


Figure 7.2 : Distributions normales ayant la même espérance mais d'écart-types différents.
Source : Méthodes statistiques de l'ingénieur [25].

À première vue, une attention particulière devra être portée sur la pondération des questions. En effet, pour les deux questionnaires étudiés, presque la totalité (environ 99%) des résultats possibles est concentrée dans un mince intervalle. Or nous devons nous assurer premièrement que le résultat maximum de tous les secteurs soit de 100. Par la suite, la re-pondération des questions pourra être faite afin d'élargir l'étendue des résultats possibles. Les courbes résultantes du générateur de résultats ne nous permettent pas de comprendre parfaitement les modèles de calculs sous-jacents aux questionnaires; néanmoins, elles nous permettent de déterminer l'étendue des résultats possibles ainsi que leur dispersion. Il est important de noter que les résultats ont été calculés avec la pondération par défaut des secteurs (voir section 5.1.1). Ainsi, tout changement aux pondérations des secteurs résultera en une translation plus ou moins importante de la courbe par rapport à l'axe des abscisses. L'allure de la courbe restera cependant la même.

7.1.2 Allure des CGR

Nous constatons que les courbes résultantes semblent suivre une loi normale et non une courbe quelconque comme nous l'avions pensé au départ. En effet, nous avons été très surpris de l'allure de cette courbe. Pour tester cette similitude, nous avons calculé, à partir des données retournées par le générateur, tous les points de la courbe comme s'ils faisaient parti d'une loi normale; et ce pour les deux courbes (expansion et exportation). Dans les prochaines lignes, nous allons expliquer comment nous avons procédé pour obtenir ces points. Ce procédé a été utilisé pour les deux courbes. Nous

avons premièrement trouvé l'espérance de la courbe en utilisant la formule suivante :

$$E(X) = \sum_{i=0}^n x_i \cdot f(x_i) \quad \text{où } n \text{ représente le nombre différent des résultats possibles}$$

Par la suite, nous avons trouvé la variance :

$$Var(X) = E(X^2) - [E(X)]^2 \quad \text{où } E(X^2) = \sum_{i=0}^n x_i^2 \cdot f(x_i)$$

De là, nous pouvons trouver l'écart type:

$$\sigma = \sqrt{Var(X)}$$

Finalement, à l'aide de la fonction LOI.NORMALE dans Excel, nous avons été en mesure de recréer la courbe selon la loi normale. Les résultats sont assez surprenants comme le démontre les figures 7.3 et 7.4. En fait, nous apercevons uniquement une courbe parce que les deux courbes sont confondues. Tous les résultats sont encore une fois disponibles en ANNEXE D. Afin de compléter notre analyse, nous avons trouvé le coefficient de variation de chacune des courbes à l'aide de la formule suivante:

$$CV\% = \frac{\sigma(X)}{E(X)} \times 100$$

Un coefficient de variation inférieur à 15% semble être une indication d'une bonne homogénéité de la distribution des données. De ce fait, nous pouvons affirmer que l'homogénéité de la répartition des résultats pour les deux questionnaires est raisonnable. Le tableau 7.1 résume les valeurs trouvées.

	Expansion	Exportation
E(X)	34.27	40.34
E(X²)	1203.89	1662.81
[E(X)]²	1174.23	1627.20
Var(X)	29.66	35.61
Écart-type	5.45	5.97
CV%	15.89	14.79

Tableau 7.1 : Résumé des statistiques obtenues pour les courbes d'expansion et d'exportation.

La ressemblance frappante des CGR avec une loi normale va faciliter grandement notre étude. Nous allons utiliser les propriétés de la loi normale à notre avantage afin de tenter d'expliquer le comportement de la courbe; du moins en soumettre une hypothèse. Dorénavant, nous traiterons deux CGR

comme si elles étaient des courbes normales. Nous allons essayer de séparer la CGR en trois parties représentant les niveaux de risque, soient "faible", "moyen" et "élevé". Pour ce, nous allons utiliser les points d'inflexion comme points de délimitation. Dans le cas d'une loi normale, les points d'inflexion correspondent à $\mu - \sigma$ et à $\mu + \sigma$ (μ correspond à l'espérance et σ représente l'écart-type). Nous avons opté pour ces points car premièrement, nous pensions que les changements de concavité dans la courbe jouaient un rôle dans l'explication du risque. Deuxièmement, au lieu d'utiliser un point aléatoire sur la courbe, les points d'inflexion peuvent être calculés facilement, indépendamment de la courbe normale. De plus, nous savons, à l'aide de la figure 7.5, que l'aire sous la courbe entre $\mu - \sigma$ et $\mu + \sigma$ est de 0.6826. Ceci indique qu'un projet aurait 68.26% de chances que le niveau de risques soit "moyen", 15.87% qu'il soit "faible" et 15.87% qu'il soit "élevé". Nous trouvons que ces pourcentages sont raisonnables. Les points d'inflexion pour la courbe d'expansion se situent donc à 28.82 et à 39.72 et ceux de la courbe d'exportation à 34.37 et à 46.31. Les intervalles représentant les niveaux de risque sont représentés dans le tableau 7.2. Or, un projet ayant un niveau de risque de 38.64 sera considéré "moyen". Ceci ne veut cependant pas dire que le risque est équivalent à 29.02, par exemple; simplement que par rapport aux résultats possibles pour un questionnaire, une valeur de 38.64 correspond à un risque moyen.

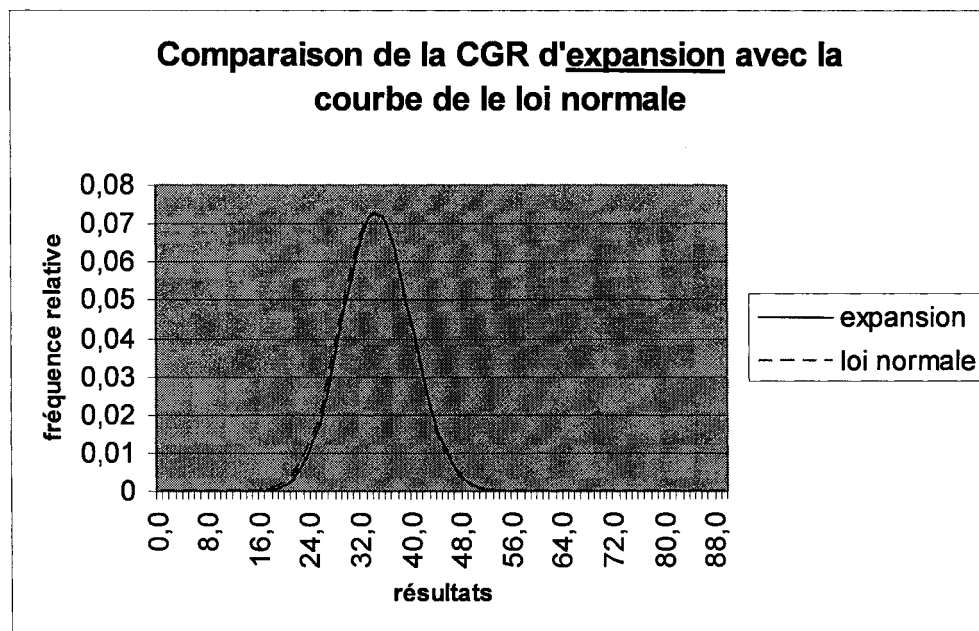


Figure 7.3 : Comparaison de la courbe générale des résultats d'expansion avec la courbe de la loi normale. Nous apercevons uniquement une courbe parce que les deux courbes se confondent.

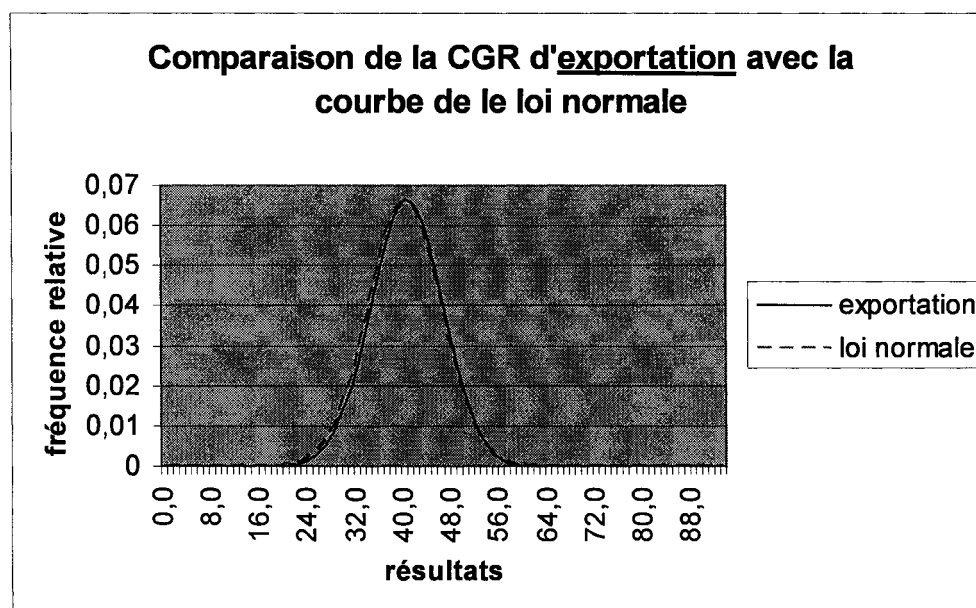


Figure 7.4 : Comparaison de la courbe générale des résultats d'exportation avec la courbe de la loi normale. Nous apercevons uniquement une courbe parce que les deux courbes se confondent.

Les points d'inflexion sont des points expérimentaux utilisés pour fins de tests, mais les intervalles résultants semblent bien refléter la réalité. Cette idée de qualifier le niveau de risque permettait à l'évaluateur de mieux interpréter ce dernier, plutôt que de lui présenter une valeur quantitative absolue; lesquelles, comme nous venons de voir d'après les résultats, n'ont pas une très grande signification; du moins pas en terme de pourcentage.

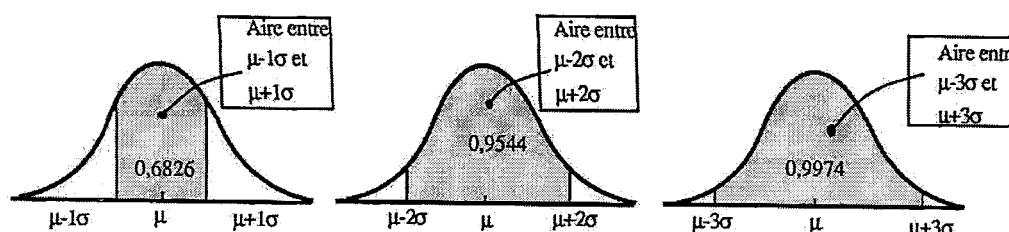


Figure 7.5 : Aires sous une courbe normale en fonction de l'écart-type. Source : Méthodes statistiques de l'ingénieur [25].

Nous avons tenté d'expliquer l'allure des CGR en analysant les courbes de tous les secteurs d'un même questionnaire (voir ANNEXE E). Étant donné que ces dernières ont toutes une allure de "cloche", il est plus clair pourquoi le résultat final ressemble à une courbe normale. En effet, l'addition des sommets de chaque "cloche" résulte en sommet pour la CGR. Tous les autres points de la courbe devront nécessairement être inférieurs à la coordonnée y du sommet. D'autre part, l'addition de valeurs maximales en x

pour chaque secteur donne l'étendue possible des résultats pour un questionnaire. Or, comme nous l'avons mentionné antérieurement, certains secteurs n'atteignent jamais leur maximum théorique, soit de 100%, d'où le fait qu'il est impossible d'obtenir un niveau de risque de 100. Enfin, l'addition des points restants des secteurs donne cette allure de courbe normale telle que nous la connaissons. Tous les points de la CGR sont trouvés à l'aide de l'équation suivante.

$$\sum_{i=0}^n (x_i, y_i) + \sum_{j=0}^m (x_j, y_j) + \dots + \sum_{k=0}^l (x_k, y_k) \quad \text{où chaque sommation représente un secteur différent}$$

Il est évident que, à partir des résultats retournés par l'équation, toutes les valeurs pour une même coordonnée en abscisse seront par la suite additionnées afin d'obtenir une seule valeur.

Niveaux de risque	Expansion	Exportation
faible	[0, 28.82[[0, 34.37[
moyen	[28.82, 39.72[[34.37, 46.31[
élevé	[39.72, 89]	[46.31, 93]

Tableau 7.2 : Intervalles correspondant aux différents niveaux de risque pour les questionnaires d'expansion et d'exportation.

Si notre hypothèse concernant les trois niveaux de risque est bonne, c'est-à-dire que si les points d'inflexion permettent réellement de séparer avec justesse les trois niveaux de risque, nous pourrions éventuellement ajouter un module à **eRisC** afin de calculer les points d'inflexion en fonction des poids attribués aux différents secteurs. Ainsi, l'évaluateur pourra modifier à sa guise le poids des différents secteurs sans pour autant en compliquer l'interprétation des résultats. Par ailleurs, ce modèle pourra utiliser le générateur de résultats (pour trouver l'espérance d'un questionnaire) de sorte qu'une modification future de la structure du questionnaire ou même des poids des questions ne viendrait pas nuire à l'interprétation des résultats.

7.2 Étude du premier cas d'expansion

La première partie de l'étude des questionnaires nous a permis de constater certaines particularités au niveau des modèles de calcul; entre autre, l'étroitesse de l'intervalle dans laquelle se situent les résultats possibles pour un questionnaire. Malgré la nécessité d'une re-pondération des réponses, voire même de la structure du questionnaire, nous avons tout de même jugé nécessaire d'évaluer un premier cas. Étant donné que ce cas d'expansion était le premier que nous évaluons, nous nous sommes contentés de créer uniquement un projet (l'énoncé est disponible dans l'ANNEXE C), sans même tenir compte des facteurs d'incertitude pouvant influencer le niveau de risque final. Par conséquent, ce projet sert en quelque sorte de fil conducteur sur lequel nous pourrions nous baser lors de la création des futurs projets.

7.2.1 Étude des résultats des évaluateurs

Le tableau 7.3 montre les résultats compilés par *eRisC* pour chacun des 14 évaluateurs. Nous avons remplacé le nom des évaluateurs par des lettres majuscules afin de garder leur anonymat. Nous avons aussi séparé ces derniers en trois groupes, soient les **experts seniors**, les **experts juniors** et les **non experts**. Cette classification nous permettra éventuellement d'évaluer si l'expertise des évaluateurs influence le niveau de risque, et si oui, jusqu'à quel point.

Nous remarquons que les résultats tournent sensiblement autour des mêmes valeurs, soient entre 39 et 45 (si nous excluons les valeurs extrêmes). Nous avons déjà mentionné que le poids des secteurs était paramétrable, c'est-à-dire que l'évaluateur peut décider quelle importance accorder à chacun des secteurs lors du calcul du risque. Étant donné que les évaluations ont été complétées sur une version papier du questionnaire, nous avons utilisé les poids par défaut accordés aux secteurs pour calculer le risque. Il est important de comprendre les valeurs initiales avant de commencer à modifier le poids des différents secteurs du questionnaire. Cette fonctionnalité avait été initialement implantée dans le but de donner à l'évaluateur un certain contrôle sur le résultat final. Nous savons que les résultats finaux changeront en fonction de la pondération accordée aux secteurs, mais est-ce vraiment nécessaire de modifier ces poids ? Des études futures nous permettront de répondre à cette question.

	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5	Résultat
Experts seniors						
E	5,95	9,41	9,76	4,75	9,30	39,17
D	8,50	6,90	7,60	6,38	10,35	39,73
G	7,50	6,60	8,60	6,06	13,15	41,91
N	8,50	7,86	7,00	6,97	14,80	45,13
Experts juniors						
K	6,35	5,83	7,55	6,59	10,95	37,27
C	6,52	5,93	6,88	6,32	13,15	38,80
B	7,20	6,45	9,36	6,18	12,20	41,39
H	6,30	5,94	10,56	5,62	13,10	41,52
A	11,57	7,38	7,36	3,66	14,20	44,17
F	7,55	8,69	11,42	6,23	10,95	44,84
Non experts						
J	8,76	7,78	6,80	7,37	10,95	41,66
M	9,16	6,87	9,16	4,96	12,55	42,70
I	8,90	5,38	10,30	5,22	13,15	42,95
L	11,72	7,44	12,16	7,93	13,10	52,35
MOYENNE	8,18	7,03	8,89	6,02	12,28	42,40

Tableau 7.3 : Résultats obtenus par les 14 évaluateurs. À noter que les résultats ont été calculés à partir des valeurs par défaut des secteurs.

Sachant que l'experte qui a créé le projet considérait le niveau de risque de ce projet comme étant "moyen", les intervalles trouvés dans la section précédente semblent incorrects. En effet, la moyenne des résultats obtenue dans cette expérience, soit 42.4, ne concorde pas avec l'intervalle correspondant à un risque "moyen", [28.82, 39.72]. Afin de pousser davantage notre étude, nous avons demandé aux évaluateurs, sans qu'ils aient vu leurs résultats, comment ils percevaient le niveau de risque du projet. Nous leur avons demandé de choisir entre faible (F), moyen (M) ou élevé (E). Certains ont même précisé davantage le niveau de risque comme le démontrent les symboles + et – dans le tableau 7.4. NA représente les évaluateurs n'ayant pas soumis leur opinion. Vous aurez deviné que M+ désigne un niveau de risque variant entre moyen et élevé et M– un risque variant entre moyen et faible. La perception des évaluateurs, se situant entre "moyen" et "élevé", ne semble guère mieux. Il est vrai que cette donnée concorde relativement mieux avec les intervalles de risque établis antérieurement pour le questionnaire d'expansion, mais la moyenne des évaluations se situe quand même à l'extérieur de ces limites. Il est toutefois trop tôt pour soumettre une conclusion par rapport à la validité des intervalles. Nous voyons ici l'importance d'étudier d'autres projets afin de vérifier si cet écart persiste dans les autres projets. De plus, il ne faut pas oublier que la nature du projet peut influencer l'interprétation des résultats.

	Résultat	Opinion
Experts seniors		
E	39,17	NA
D	39,73	NA
G	41,91	M
N	45,13	M–
Experts juniors		
K	37,27	NA
C	38,80	M
B	41,39	M
H	41,52	M
A	44,17	M+
F	44,84	NA
Non experts		
J	41,66	E
M	42,70	M
I	42,95	M
L	52,35	E+

Tableau 7.4 : Perception du niveau de risque (faible (F), moyen (M), élevé (E)) du projet par les évaluateurs. NA représente les évaluateurs n'ayant pas soumis leur opinion.

Un autre fait intéressant que nous observons est l'écart obtenu entre les résultats de l'évaluation pour un même type d'évaluateur. Si nous considérons que les valeurs permises comme niveau de risque se situent

uniquement dans l'intervalle [20, 48], laquelle contient 99.26 des résultats possibles, nous constatons qu'il y a un écart d'environ 21% entre le résultat le plus élevé et le résultat le plus faible chez les évaluateurs seniors. La même statistique est observable chez les évaluateurs juniors. Chez les non experts cependant, cette écart se creuse à environ 39%. Ces écarts, non négligeables, ne semblent pas pouvoir s'expliquer par le niveau d'expertise des évaluateurs. Si c'était le cas, ces écarts ne se situeraient pas à l'intérieur d'un même type d'évaluateurs. Avant de tirer des conclusions sur les résultats finaux, nous devons tout d'abord étudier les résultats secteur par secteur. Si nous jetons un coup d'œil sur les évaluateurs E et A, nous constatons que leurs résultats pour le secteur 1 sont de 5.95 et 11.57 respectivement, ce qui est élevé pour un même secteur. Il sera donc essentiel, dans le futur, de vérifier les causes de ces écarts pour chaque secteur. Étant donné la nature de ces tests, l'analyse devra être effectuée par des experts en évaluation de projets.

Nous ne sommes pas encore en position pour déterminer ce qu'est un gros écart entre les résultats. Toutefois, d'après ce premier projet, nous sommes en mesure de constater que les points d'inflexion que nous avons pris afin de créer les intervalles de risque nécessitent une attention particulière. En effet, par rapport au premier projet, ces valeurs semblent incorrectes. Cette observation est un point positif car elle met en question, dès le début de l'expérimentation, les points choisis pour former les intervalles de risque. Par conséquent, nous savons que ces valeurs sont sujettes à changement et qu'une étude plus approfondie devra être faite afin de déterminer quelles seraient les meilleures valeurs pour former les intervalles de risque.

Ce seul et unique projet ne nous a pas vraiment permis d'étudier les facteurs d'incertitude autres que l'expertise de l'évaluateur. Bien que l'emphase n'ait pas été portée sur ce facteur, nous constatons que l'expertise peut effectivement influencer le niveau de risque d'un projet. Cependant, deux autres facteurs d'incertitude viennent piquer notre curiosité : la compréhension du projet par l'évaluateur et l'opinion de ce dernier. En effet, est-ce que cette variation des résultats est due entièrement ou en partie à l'expertise de l'évaluateur, à la mauvaise compréhension du projet ou à l'opinion de l'évaluateur face au projet? Une étude approfondie de ces facteurs devra être faite lors de l'évaluation des futurs projets. Dans la mesure du possible, un questionnaire portant sur la compréhension du projet pourrait être joint à l'énoncé du projet afin de vérifier la compréhension de ce dernier par l'évaluateur. Sinon, une analyse des questions factuelles devra être faite afin de déterminer les endroits potentiels où les variations de risque auraient pu survenir. Il est très important de souligner que les résultats n'ont pas encore été analysés par les experts. Ce sont quand même eux qui ont les expertises nécessaires afin d'analyser les résultats. Dès lors, il est bien entendu qu'ils auront le dernier mot sur toutes modifications à apporter aux questionnaires, si nécessaire.

7.2.2 Étude de la courbe du projet

Toujours à partir des résultats des évaluateurs, nous avons créé la courbe représentant le projet évalué. La façon de créer cette courbe a été décrite en détail à la section 6.1. Encore une fois, nous ne savions pas à quoi nous attendre par rapport à l'allure de la courbe du projet; et bien qu'au premier coup d'oeil elle ressemble à une courbe normale, les calculs en démontrent le contraire. Le but lors de la création de cette courbe était premièrement d'identifier la région contenant les résultats possibles pour ce projet, et deuxièmement de nous permettre de créer une échelle "faite sur mesure" afin d'afficher le résultat à l'évaluateur.

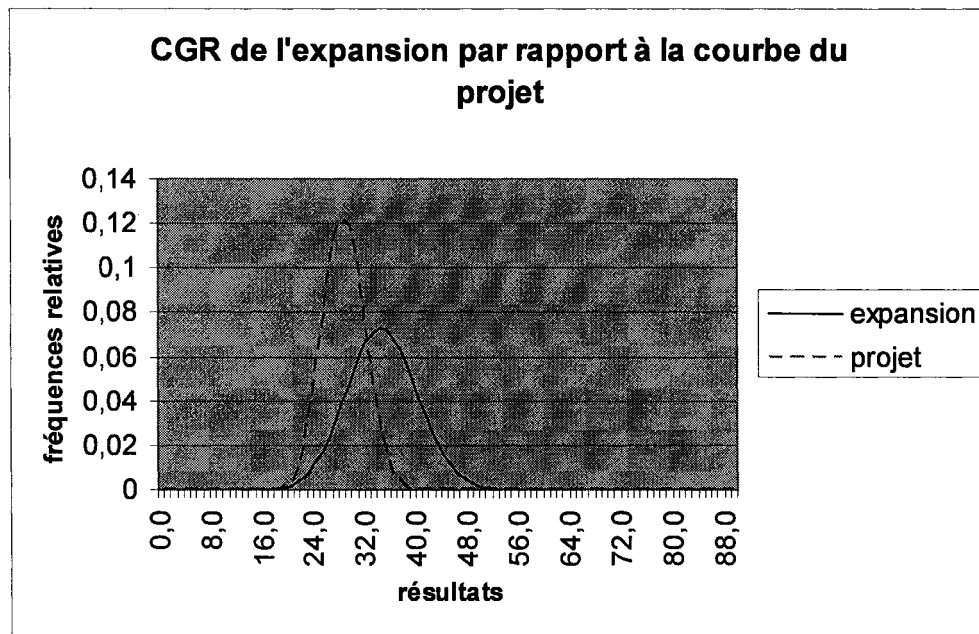


Figure 7.6 : Courbe globale des résultats de l'expansion par rapport à la courbe du projet. Les limites de la courbe du projet sont situées à 17 et à 43.

En regardant attentivement le graphique de la figure 7.6, nous constatons que certains résultats obtenus lors de l'évaluation des cas dépassent le maximum théorique obtenu par le générateur, soit de 43. Cet écart est dû à la subjectivité des évaluateurs. Nous nous rappelons que le graphique du cas a été créé à partir des "bonnes réponses" associées aux questions factuelles. Ces questions sont définies telles que la réponse ne devrait pas varier d'un évaluateur à l'autre. Or, nous observons que cette hypothèse n'est pas totalement vraie. L'expertise des différents évaluateurs de même que d'autres facteurs peuvent pousser ce dernier à répondre différemment de la "bonne réponse". Il est donc normal que les résultats obtenus lors de l'évaluation ne se situent pas tous à l'intérieur de la courbe, soient entre 17 et 43. De plus, il se peut qu'un évaluateur n'ait pas répondu par les "bonnes réponses" à toutes les questions factuelles, et que son résultat se situe quand même dans la région délimitée par la courbe. Ceci n'est pas une erreur dans le modèle de

calcul, mais un effet de la pondération des questions qui fait que les résultats s'équivalent en bout de ligne.

7.2.3 Création d'une échelle de couleur

Nous voulions, à partir de la courbe du projet, créer une échelle de couleur afin de présenter le niveau de risque de façon plus explicite et intuitive à l'évaluateur. Encore une fois, il est trop tôt pour figer une solution sur la façon de procéder; cependant, nous voulons proposer une solution qui pourrait s'avérer intéressante et que nous devrions étudier dans le futur. Nous avons pensé créer l'échelle à partir des points d'inflexion de la CGR ainsi que de la courbe du projet¹⁵. Nous voulions combiner ces points de sorte à créer un intervalle "personnalisé" en fonction du projet. Dans le cas du projet étudié, nous aurions pu, par exemple, utiliser le point d'inflexion gauche de la courbe du projet, combiné avec le point d'inflexion droit de la CGR (voir figure 7.6 à la page précédente). Ayant préalablement calculé les points d'inflexion de la CGR (28.82 et 39.72) ainsi que ceux de la courbe du projet (25.17 et 31.55), nous sommes en mesure de créer les nouveaux intervalles tels que nous les voyons dans le tableau 7.5. Nous remarquons que l'intervalle représentant un risque "moyen" est plus grande que le même intervalle représentant uniquement la CGR. En procédant de la sorte, les intervalles représentant les différents niveaux de risque pourraient varier en fonction de chaque projet. De plus, un autre projet pourrait utiliser d'autres points d'inflexion, dépendamment de la courbe du projet.

Niveaux de risque	Projet d'expansion #1
faible	[0, 25.17[
moyen	[25.17, 39.72[
élevé	[39.72, 89]

Tableau 7.5 : Intervalles correspondant aux différents niveaux de risque pour le projet d'expansion #1.

Ce qui est intéressant dans cette approche est que les limites permettant de créer les intervalles de risque sont des points "calculables", c'est-à-dire qu'ils ne sont pas pris au hasard et qu'il existe une formule mathématique permettant de trouver ces points. Néanmoins, n'ayant pas encore validé la véracité des intervalles de risque proposés ici, la validité pratique de cette approche reste à prouver.

¹⁵ Pour continuer avec notre logique, nous allons traiter la courbe du projet comme une courbe normale, même si elle ne l'est pas réellement.

7.3 Facteurs d'incertitude

Les facteurs d'incertitude semblent jouer un rôle non négligeable dans l'évaluation du risque. Si nous considérons que les résultats possibles pour le risque varient entre 20 et 48 pour le questionnaire d'expansion¹⁶, il existe un écart d'environ 21% entre les limites¹⁷ des résultats obtenues par les évaluateurs. Même si l'incertitude ne faisait pas l'objet principal de notre étude pour le premier cas, nous avons confirmé le fait que certains facteurs influençaient vraiment le niveau de risque d'un projet. Étant donné que les questions factuelles comptent pour environ 70% du questionnaire d'expansion, nous aurions pensé que les écarts entre les résultats auraient été moindres. En effet, ces questions à aspects objectifs ont comme propriété de questionner l'évaluateur sur des faits concrets concernant le projet. Le projet étudié nous a permis de constater que l'opinion de l'évaluateur ainsi que son niveau de compréhension du projet jouent un rôle important sur le résultat final. Si l'expertise était un facteur déterminant dans l'évaluation du risque, les résultats entre les différents types d'experts auraient dû varier davantage. D'autres facteurs, en plus de ceux mentionnés dans le paragraphe précédent, auraient pu influencer les résultats finaux, mais ces derniers feront l'objet d'éventuels travaux.

7.4 Prochaines étapes de l'étude

Notre mandat consistait à trouver une façon de comprendre le comportement des trois questionnaires et à proposer un moyen afin de gérer les facteurs d'incertitude. Le programme servant à générer tous les résultats possibles pour un questionnaire nous a aidé à mieux comprendre les modèles de calculs des questionnaires d'expansion et d'exportation. Nous avons également soumis une façon de calculer les intervalles de risque. Par la suite, à l'aide de l'évaluation d'un projet, nous avons tenté d'expliquer certaines caractéristiques du questionnaire d'expansion. Ces mêmes projets nous ont également permis de commencer notre étude sur les facteurs d'incertitude.

Même si notre étude est loin d'être terminée, nous avons quand même étudié certaines pistes afin de mieux comprendre le comportement des modèles de calcul. Bien que ces tests n'aient pas fait ressortir de résultats définitifs par rapport au comportement des modèles, ceux qui seront amenés à poursuivre l'étude pourront continuer où nous avons laissé. Les seuls faits concrets que nous avons observés sont ceux ressortis par les CGR. Les autres résultats nous permettront peut-être éventuellement d'expliquer davantage le comportement des modèles, mais, au risque de se répéter, nous ne pouvons soumettre aucune conclusion tant que nous n'aurons pas évalué d'autres projets. Le nombre de projets à évaluer n'est pas fixé. Lorsque nous aurons fini de tester nos hypothèses, nous pourrons arrêter l'évaluation de projets. Nous ne pourrions néanmoins étudier beaucoup de projets tel que nous l'avons fait avec le premier cas. Il faut penser que les personnes choisies pour évaluer le premier cas ne passeront pas leur temps à évaluer des projets dans leurs temps libres! Il faudrait trouver beaucoup de personnes afin d'évaluer quelques projets. Il n'est pas évident de trouver des experts qui seraient

¹⁶ Ce qui représente 99.26% des résultats possibles.

¹⁷ En excluant les valeurs extrêmes, les résultats varient entre 39 et 45.

prêts à nous accorder deux ou trois heures afin d'évaluer un projet. Il est plus facile de trouver des experts juniors et même des non experts, mais ils doivent quand même avoir une base en gestion de projet. Une grande partie de l'évaluation sera donc faite à partir des projets évalués par les utilisateurs de **eRisC**. Un suivi minutieux des projets pourrait être fait afin de continuer notre étude.

Nous constatons que l'étude des modèles de calcul est un processus très long et qui requiert beaucoup d'effort. Nous ne pouvons tout étudier en même temps, les variables impliquées étant nombreuses et complexes. Les résultats que nous obtenons à partir de cette étude sont précieux, mais nous devons savoir les traiter. Le but de ces tests n'est pas de faire dire aux chiffres ce que nous voulons qu'ils disent. Il faut savoir interpréter ces résultats afin d'en ressortir un maximum d'informations possibles, même si ces informations viennent contredire une hypothèse. Par la suite, nous pourrons soit porter des conclusions, soit apporter les modifications nécessaires à l'outil afin d'en maximiser son fonctionnement.

Chapitre 8

Conclusion

Dans ce document, nous venons de proposer un modèle servant à étudier le comportement d'un questionnaire hiérarchique. Ce modèle a été développé pour et testé à l'aide d'un logiciel réel nommé **eRisC**. Ce chapitre résumera les principaux aspects du modèle ainsi que des résultats obtenus à l'aide de ce dernier. Nous verrons :

- 8.1 Résumé des objectifs du mémoire
- 8.2 Méthodologie résultante
- 8.3 Travaux à compléter

8.1 Résumé des objectifs du mémoire

Pour se remettre dans le contexte initial, nous utilisons cette première section afin de résumer brièvement les objectifs de ce document. En collaboration avec l'équipe de développement du questionnaire de **eRisC**, nous avons créé un outil permettant de calculer le niveau de risque dans un projet. Cet outil, **eRisC**, est composé de trois modèles de calcul fort complexes permettant chacun de calculer le degré de risque d'un projet d'une PME. Les modèles de calcul ayant été implicitement créés lors de l'élaboration des questionnaires utilisés par l'outil, nous ne comprenons pas parfaitement, pour l'instant, leur comportement. En effet, les résultats retournés par ces derniers doivent en théorie être une valeur entre 0 et 100 mais nous ne pouvons interpréter ces résultats. L'objectif principal consistait donc à :

Créer une méthodologie et un modèle permettant d'étudier le comportement mathématique d'un questionnaire hiérarchique informatisé.

L'objectif a été élaboré de sorte à ce qu'il puisse être utilisé non seulement dans le cadre de **eRisC**, mais pour tout questionnaire hiérarchiques. Outre sa structure hiérarchique, un tel questionnaire est caractérisé par (1) un ensemble prédéterminé de réponses acceptables pour chaque question, et (2) le fait que le questionnaire doit retourner un certain résultat numérique basé sur la pondération associée à chaque réponse.

Afin de satisfaire l'objectif principal, nous avons dû premièrement étudier le comportement de chacun des trois modèles de calcul composant **eRisC**. Ceci nous a permis d'étudier la dispersion ainsi que la concentration des résultats possibles. Par la suite, nous avons étudié chacun des modèles à l'aide de projets "fictifs" dans le but d'analyser l'effet des spécificités de divers projets sur le niveau de risque. En effet, la signification du niveau de risque d'un projet peut varier en fonction des spécificités de ce dernier. C'est ce que cette seconde étude nous a

permis de vérifier. Finalement, nous avons étudié la "sensibilité" des modèles de calcul par rapport aux différents facteurs d'incertitude. Ces facteurs comprennent tout ce qui pourrait influencer le niveau final de risque pour un projet. Or, nous pensons que ces facteurs sont liés principalement à l'évaluateur du projet. Nous avons dû d'abord identifier ces facteurs, puis proposer un modèle de calcul afin de gérer cette incertitude.

8.2 Méthodologie résultante

Dans les chapitres précédents, nous avons discuté d'un modèle ainsi que d'une méthodologie dans le but d'étudier le comportement mathématique d'un questionnaire hiérarchisé. Cette méthodologie constitue une première étape dans la compréhension des modèles de calcul sous-jacents aux trois questionnaires de **eRisC** (expansion, exportation et innovation). Dû à plusieurs imprévus et contretemps, nous avons eu le temps d'étudier uniquement deux des trois questionnaires, soient d'expansion et d'exportation. Cette section résumera brièvement la méthodologie utilisée pour étudier le modèle de calcul de chaque questionnaire ainsi que les résultats obtenus à l'aide de cette dernière.

L'étude s'est faite en deux étapes principales. La première étape consistait à calculer tous les résultats possibles retournés par chacun des questionnaires. Pour ce faire, nous avons dû créer un programme (générateur de résultats) nous permettant de générer l'ensemble de tous les résultats possibles. La description détaillée du générateur est faite dans le chapitre 5. Les données retournées par ce générateur de résultats nous ont par la suite permis de construire un graphique de la fréquence des résultats obtenus par rapport aux résultats selon chaque questionnaire (voir figure 8.1). Ce graphique nous a permis de mieux visualiser le comportement des différents questionnaires. Parmi les résultats obtenus, nous avons prouvé que les questionnaires d'expansion et d'exportation étaient équivalents à des arbres de décisions contenant respectivement $6.53e+44$ et $3.83e+43$ possibilités de réponses.

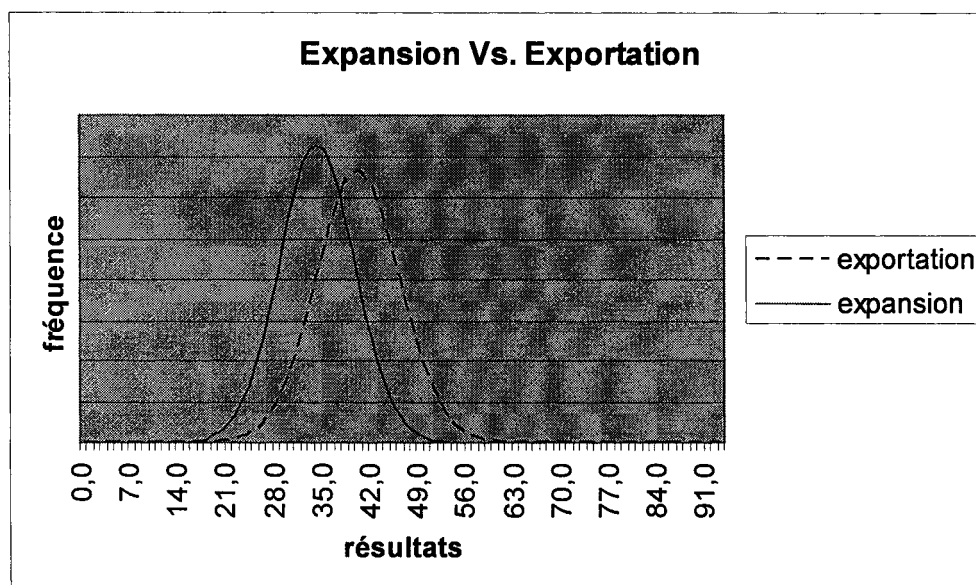


Figure 8.1 : Représentation graphique des courbes d'expansion et d'exportation.

Cette étude nous a également permis d'établir l'étendue des résultats possibles ainsi que la concentration des résultats. Nous avons été surpris de remarquer que les résultats possibles ne se situaient pas dans l'intervalle [0, 100] comme nous l'avions pensé au départ, mais entre [0, 89] pour le questionnaire d'expansion et [0, 93] pour l'exportation. Pour contrer cet effet, nous devons traiter le résultat retourné par **eRisC** afin de toujours obtenir un pourcentage; en occurrence nous utiliserons une règle de trois. Nous avons aussi remarqué qu'environ 99% des résultats possibles se situaient dans l'intervalle [16, 55] pour l'expansion et [19, 61] pour l'exportation. Cette statistique prouve qu'il est quasi impossible d'obtenir un résultat hors de cet intervalle. Des mesures devront donc être prises afin d'agrandir ces intervalles. Finalement, nous avons prouvé que la distribution des résultats s'apparentait énormément à la loi normale. Ceci nous permettait entre autre de séparer les niveaux de risque en trois intervalles, soient "faible", "moyen" et "élevé". Pour ce, nous avons utilisé les points d'inflexion de la courbe (équivalent à l'écart-type) afin de la séparer en trois sections. Les points d'inflexion n'étaient que des points arbitraires utilisés pour fins de tests, mais les intervalles résultants semblent bien refléter la réalité. Cette idée de qualifier le niveau de risque permettait à l'évaluateur de mieux interpréter ce dernier, plutôt que de lui présenter une valeur quantitative; lesquelles nous venons de voir d'après les résultats n'ont pas une très grande signification. Le tableau 8.1 résume les résultats discutés dans ce paragraphe. Les courbes résultantes du générateur de résultats ne nous permettent pas de comprendre parfaitement les modèles de calculs sous-jacents aux questionnaires, mais nous permettent de déterminer l'étendue des résultats possibles ainsi que la dispersion des résultats.

	Expansion	Exportation
Limite inférieure	0	0
Limite supérieure	89	93
Moyenne	34	40
Écart-type	5.45	5.97
Risque faible	[0, 28.82[[0, 34.37[
Risque moyen	[28.82, 39.72[[34.37, 46.31[
Risque élevé	[39.72, 89]	[46.31, 93]
Intervalle contenant 99% des résultats possibles	[20, 48]	[25, 55]
Nombre de combinaisons de réponses	6.53e+44	3.83e+43

Tableau 8.1 : Tableau récapitulatif des résultats d'expansion et d'exportation.

La seconde étape de l'étude consistait à étudier des projets "fictifs" spécialement conçus par des experts en gestion de risque afin d'étudier leurs effets sur le résultat final émis par **eRisC**. Le premier point que nous avons étudié était l'effet qu'a la nature des projets (à ne pas confondre avec les types de projet expansion, exportation et innovation) par rapport à la cote finale de risque. En effet, nous prétendons que la nature d'un projet pourrait influencer l'interprétation finale du risque. En d'autres mots, deux projets d'expansion pourraient avoir une même cote

de risque; cependant, à cause de leurs natures différentes, le projet A pourrait avoir un risque "élevé", tandis que le risque du projet B pourrait être considéré "moyen".

En plus d'étudier l'effet de la nature des projets, ceux-ci nous permettront également d'étudier les facteurs d'incertitude ou tout simplement l'incertitude. L'incertitude, dans le cadre de ce projet, est constituée de facteurs pouvant influencer de façon négative ou positive le niveau de risque final. L'incertitude est très importante à étudier car elle nous permettra, en principe, d'expliquer les écarts de risque entre les différentes évaluations. Nous jugeons que tous les facteurs considérés dans ce mémoire (voir tableau 8.2) ont un effet plus ou moins important sur le risque et c'est pourquoi il faut tous les étudier. Or, ces facteurs sont hors de notre contrôle, c'est-à-dire que nous ne pouvons anticiper leur effet, encore moins les contrer. Cependant, nous tenterons d'élaborer un modèle mathématique afin de calculer l'intervalle dans lequel pourrait se situer le risque exact. Prenons, par exemple, un projet dont la cote de risque est de 31.74. Le modèle de calcul devrait retourner les bornes inférieures et supérieures du risque en fonction des évaluateurs. Par conséquent, au lieu d'obtenir un niveau de risque (potentiellement biaisé) de 31.74, ce risque se situerait plutôt dans l'intervalle [29.51, 34.93], par exemple. Afin d'élaborer un tel modèle, il faudra étudier beaucoup de projets afin de s'assurer que les valeurs retournées sont adéquates et reflètent bien la réalité.

Étant donné la complexité associée à la création et la validation d'un projet aux fins présentes, nous n'avons eu le temps d'étudier uniquement qu'un projet. L'énoncé de ce dernier est disponible dans l'ANNEXE C. Ce projet, évalué par 14 évaluateurs, nous a permis de jeter un premier coup d'œil sur le comportement d'un projet par rapport à la CGR. Les résultats de cette étude sont bien intéressants. Premièrement, les résultats pour les niveaux de risque varient entre 37.27 et 52.35 (à noter que la seconde valeur la plus haute est de 45.13) et la moyenne des résultats est de 42.4. Le niveau de risque du projet était jugé "moyen" par l'expert ayant élaboré le projet. Cependant, nous avons demandé l'opinion des évaluateurs (avant qu'ils aient eus leurs résultats) et ces derniers prétendaient que le risque se situait davantage entre moyen et élevé. Cette donnée ne concorde pas très bien avec les intervalles de risque établis antérieurement pour le questionnaire d'expansion. En effet, l'intervalle "moyen" était de [28.46, 39.45], ce qui n'est pas aussi proche de la moyenne que nous l'aurions espéré. Les points d'inflexion pris pour former ces intervalles seront donc remis en question. Ceci n'est qu'un seul test et nous sommes encore loin de pouvoir formuler une conclusion, et nous sommes convaincus que cette approche nous permettra éventuellement de mieux interpréter les résultats, mais également d'améliorer l'outil.

Toujours à partir des données obtenues des évaluations, nous avons créé la courbe du projet (voir figure 8.2). Le but de cette courbe était d'étudier la dispersion des résultats possibles pour le projet, tout comme le fait la CGR. La courbe fut créée à partir des "bonnes réponses" soumises par la créatrice du projet. Donc, au lieu de considérer toutes les réponses possibles, le générateur tient compte uniquement des "bonnes réponses" pour les questions factuelles. Rappelons nous que les "bonnes réponses" sont les réponses jugées correctes par l'expert ayant créé le projet et que ces réponses ne devraient, en principe, pas varier d'un évaluateur à l'autre. Or, en regardant attentivement les résultats des évaluations, nous constatons que certains d'entre eux ne se situent pas dans l'intervalle correspondant à la courbe, soit de [17, 43]. La raison est que l'évaluateur n'a pas

répondu par la "bonne réponse" à toutes les questions factuelles. Cette courbe n'est donc pas l'idéale pour anticiper les résultats possibles pour un projet. Cependant, nous voulons utiliser cette dernière afin de créer une échelle de couleur, laquelle servira à interpréter le résultat pour le projet. Étant donné que les deux courbes (la CGR et la courbe du projet) ressemblent à des courbes normales, nous voulons utiliser les points d'inflexion de chacune d'elles afin de créer l'échelle. Cette méthode n'a pas encore été testée, c'est pourquoi nous n'élaborerons pas davantage sur ce sujet.

Finalement, nous avons mis davantage l'emphase sur l'étude du projet plutôt que sur l'étude des facteurs d'incertitude. En effet, ce projet servait en quelque sorte de cobaye. Nous avons quand même tenu compte de l'expertise de l'évaluateur. Pour ce, nous avons séparé les évaluateurs en trois groupes : experts seniors, experts juniors et non experts. Pour l'instant, nous pouvons dire que les facteurs d'incertitude jouent un rôle significatif dans la variation du niveau de risque. Si nous prenons l'intervalle contenant 99% des résultats possibles pour le questionnaire d'expansion, soit de [20, 48], nous remarquons un écart de 21% entre les limites des résultats obtenues par les évaluateurs, soient 39 et 45 (en excluant les valeurs extrêmes). Le projet étudié nous a permis de constater que l'opinion de l'évaluateur ainsi que son niveau de compréhension du projet jouent un rôle important sur le résultat final. Si l'expertise était un facteur déterminant dans l'évaluation du risque, les résultats entre les différents types d'experts auraient peut-être dû varier davantage. D'autres facteurs, en plus de ceux mentionnés dans le paragraphe précédent, auraient pu influencer les résultats finaux, mais ces derniers feront l'objet d'une autre étude éventuelle.

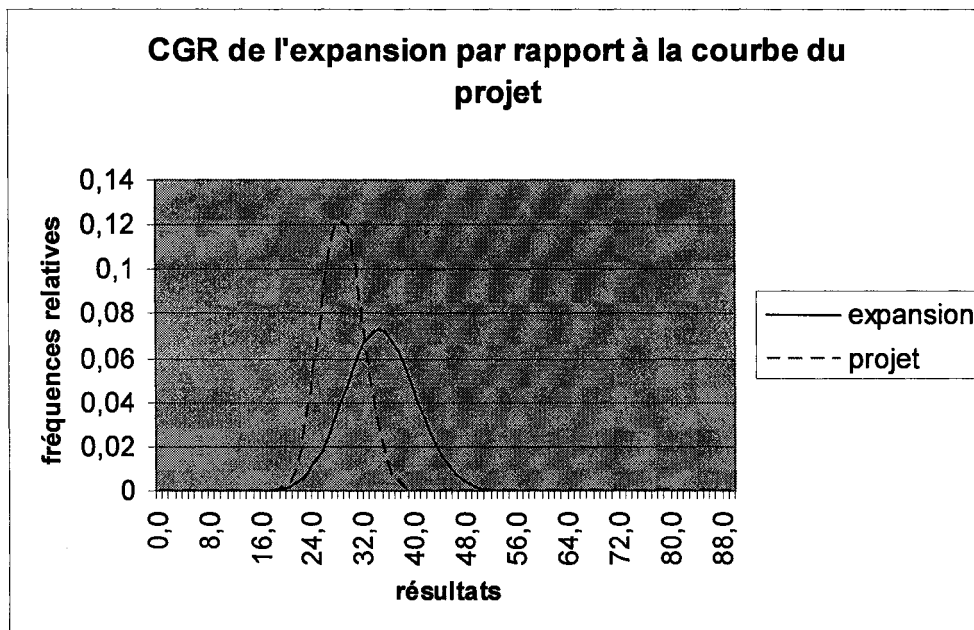


Figure 8.2 : Comparaison entre la CGR de l'expansion et la courbe pour le projet.

Malgré une recherche exhaustive dans la littérature, nous avons été surpris de constater qu'aucune documentation par rapport à un problème semblable n'avait été écrite. De ce fait, ainsi que par la nature de notre projet, nous jugeons que notre travail est unique et que d'autres personnes pourront ainsi bénéficier du modèle proposé dans ce document.

8.3 Travaux à compléter

Notre étude, bien que très avancée, n'est pas tout à fait complète. Plusieurs complications et imprévus nous ont retardés dans notre avancement. Jusqu'à présent, seulement deux des trois questionnaires ont été analysés avec le modèle proposé, soient l'expansion et l'exportation. Le premier travail à compléter sera donc de terminer la partie innovation du générateur de résultats. Par la suite, nous pourrons terminer l'expérimentation avec le questionnaire d'innovation. Étant donné son modèle de calcul complexe et très différent de celui de l'expansion et de l'exportation, le graphique résultant pourra causer certaines difficultés lors de l'interprétation. En effet, les courbes résultantes des questionnaires d'expansion et d'exportation sont relativement faciles à interpréter étant donné qu'elles ressemblent étrangement à des courbes normales. En revanche, la courbe résultante de l'innovation pourrait nous forcer à nous pencher davantage sur l'interprétation de cette dernière. Au moment où nous écrivons, il est porté à notre attention qu'il est possible d'obtenir des résultats négatifs dans l'innovation. Or les résultats devaient varier de 0 à 100!

Nous devons également continuer les évaluations de projets afin de comprendre l'effet de ces derniers sur les différents questionnaires. Comme nous avons préalablement mentionné, nous soupçonnons que la nature des projets peut influencer significativement l'interprétation finale du résultat. Or, plus nous évaluerons de projets, plus nous serons en mesure de formuler une conclusion précise par rapport à l'influence de la nature du projet sur le niveau final de risque et ce, en fonction de chacun des questionnaires.

L'évaluation de projets nous permettra également d'étudier les facteurs d'incertitude. Rappelons-nous que dans le cadre de ce mémoire, l'incertitude représente tous les facteurs pouvant influencer le résultat final émis par **eRisC**. Le tableau 8.2 énumère tous les facteurs d'incertitude potentiels dont nous avons trouvés. Pour plus de détails sur les facteurs d'incertitude consultez les sections 4.4 et 8.1.

	Facteurs potentiels d'incertitude
Évaluateur	
	Appréciation de l'outil
	Âge du répondant
	Degré de confiance aux résultats
	Fréquence d'utilisation de l'outil
	Projets similaires évalués
	Domaine d'expertise de l'utilisateur
	Expérience de l'évaluateur
Projet	
	Opinion de l'évaluateur face au projet évalué
	Manque de données
	Analyse à partir d'un projet existant
	Temps de réponse au questionnaire
Secteur	
	Degré de confiance des réponses
	Interdépendance des questions

Tableau 8.2 : Liste des facteurs d'incertitude.

L'étude des facteurs d'incertitude n'étant qu'à ses débuts, nous ne connaissons pas vraiment l'effet de chacun de ces facteurs. De ce fait, leur impact pourrait varier d'un questionnaire à l'autre. Cependant, ne sachant pas le comportement du questionnaire d'innovation pour le moment, il est difficile de soumettre une telle hypothèse. Le questionnaire d'innovation n'ayant pas été créé par les mêmes experts que les questionnaires d'expansion et d'exportation, la formulation des questions pourrait jouer un rôle important dans l'influence qu'auront certains facteurs d'incertitude. Ce ne sont cependant que des suppositions que nous devrions vérifier éventuellement.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] M. Chachoua, D. Pacholczyk. *Uncertainty Management and Informational Relevance*. Lecture notes in computer science, vol. 2358, pp. 680-691, 2002.
- [2] Theresa Beauboeuf, Frederick E. Petry. *Fuzzy Rough Set Techniques for Uncertainty Processing in a Rational Database*. International journal of intelligent systems, vol 15, no. 5, pp. 389-424, 2000.
- [3] Luigi Di Lascio, Antonio Gisolfi, Vincenzo Loia. *Uncertainty Processing in User-Modeling Activity*. Information sciences, vol 106, no. 1, pp. 25-47, 1998.
- [4] Jiri Grim. *Knowledge Representation and Uncertainty Processing in the Probabilistic Expert System PES*. International journal of general systems, vol. 22, no. 2, pp. 103-111, 1994.
- [5] Silvano Mussi. *Diagnostic Expert Systems: A Method for Engineering Knowledge Used in Sequential Diagnosis*. Expert systems, vol. 17, no. 4, pp. 199-211, 2000.
- [6] Pietro Baroni, Giovanni Guida, Silvano Mussi. *From Ignorance to Uncertainty: A Conceptual Analysis*. Kybernetika, vol. 34, no. 1, pp. 105-120, 1998.
- [7] Bev Littlewood, Martin Neil, Gary Ostrolen, 1995, *The Role of Models in Managing the Uncertainty of Software-Intensive Systems*. Reliability engineering and system safety, vol. 46, pp. 87-95.
- [8] S. K. M. Wong, Z. W. Wang, P. Bollmann-Sdorra. *On Qualitative Measures of Ignorance*. International journal of intelligent systems, vol. 11, pp. 27-47, 1996.
- [9] S. Apelan, T. Aven, T. Nielsen. *Quantifying Uncertainty Under a Predictive, Epistemic Approach to Risk Analysis*. Reliability engineering and system safety, vol. 75, pp. 93-102, 2002.
- [10] Daniel Pocholczyk. *Qualitative Reasoning Under Uncertainty*. pp.298-309
- [11] Yun Qi Tian, D. L. Thurston, J. V. Carnahan. Incorporating end-user's attitudes toward uncertainty into an expert system. Transactions of the ASME - Journal of mechanical design, vol. 116, no. 2, pp. 493-500, 1994.
- [12] John Fox, David Glasspool, Jonathan Bury. *Quantitative and Qualitative Approaches to Reasoning Under Uncertainty in Medical Decision Making*. Lecture notes in computer science, vol. 2101, pp. 272-282, 2001.
- [13] A. M. Martinez-Enriquez, O. R. Sereno-Penaloza. *Generation of a Personnel Qualitative Assessment Instrument Using a Fuzzy Expert System*. Lecture notes in computer science, vol. 1793, pp. 671-686, 2000.
- [14] Daniel Pacholczyk, Gilles Hunault. *Qualitative Reasoning Under Uncertainty with Symbolic Probabilities*. pp. 321-325
- [15] Bilal M. Ayyub (2001), *Elicitation of Expert Opinions for Uncertainty and Risks*. CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington D.C.
- [16] George F. Luger, William A. Stubblefield (1998), *Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving*, 3rd edition. Addison-Wesley.
- [17] Bruce G. Buchanan, Edward H. Shortliffe (1984), *Rule-Based Expert Systems*. Addison-Wesley.

References bibliographiques

- [18] Stuart Russell, Peter Norvig (1995), *Artificial Intelligence, a Modern Approach*. 1st édition, Prentice hall.
- [19] Le grand dictionnaire terminologique (<http://www.granddictionnaire.com>)
- [20] ACL projects (<http://www.acl.icnet.uk/lab/projects.html>)
- [21] Le petit Larousse en couleurs édition 1989
- [22] Le petit Robert
- [23] <http://www.rcmp-grc.gc.ca/html/viclas-e.htm>
- [24] <http://www.ecricanada.com/rigel/>
- [25] Gérald Baillarger (1990), *Méthodes statistiques de l'ingénieur*, volume 1 3^e édition, Les éditions SMG.
- [26] <http://oscar.openclustergroup.org/>
- [27] <http://www-unix.mcs.anl.gov/mpi/>
- [28] <http://www.cnn.com/US/9906/24/serial.mo/>
- [29] Sylvain Delisle & Josée St-Pierre (2003), *SME Projects : A Software for the Identification, Assessment and Management of Risks*, 48th World Conference of the International Council of Small Business (ICSB-2003), Belfast (Ireland), 15-18 juin 2003, CD-ROM proceedings.

ANNEXE A

Cette annexe est un complément à la section 1.1.1 Description de l'architecture des questionnaires de *eRisC*. Elle fait la description complète de l'outil *eRisC* (voir figure A.1), de sa conception jusqu'à aujourd'hui. Le texte suivant est presque entièrement tiré du site Web hébergeant l'outil (<http://nemesis.uqtr.ca/erisc/>).

Origine du logiciel et objectifs de développement

Problématique

Les PME éprouvent souvent des difficultés à faire financer certaines de leurs activités en général, et celles liées à la R-D (recherche et développement) et à l'innovation en particulier. Les bailleurs de fonds sont relativement "frileux" face aux PME étant donné leur hétérogénéité et les difficultés d'évaluation que cela entraîne. Par ailleurs, les bailleurs de fonds sont peu réceptifs aux projets d'innovation, où l'incertitude des projets est relativement grande et donc le risque de ne pas rentabiliser leur investissement est élevé. Le niveau de risque des activités d'innovation est relativement complexe à déterminer et il n'existe présentement aucun outil formalisé pouvant aider les différents analystes financiers à l'évaluer et à fixer, d'une façon "correcte", la rémunération et les conditions de financement qui conviendront aux bailleurs de fonds et aux entrepreneurs.



copyright © 2003 LaRePE

Figure A.1 : Page d'accueil de *eRisC* (<http://nemesis.uqtr.ca/erisc/>).

Cette situation a pour effet de créer beaucoup de pression sur les liquidités des PME "innovantes" qui doivent le plus souvent "auto-financer" une bonne partie des projets les plus prometteurs et dont les retombées économiques peuvent être substantielles. Certaines entreprises ont les capacités de continuer à innover, étant donné leur portefeuille de projets et de ressources. D'autres, par contre, n'osent plus parce que leurs ressources financières ne leur permettent pas et qu'elles craignent de nuire au développement des autres projets plus rentables à court terme. D'autres, finalement, doivent étirer sur plusieurs périodes le développement de leurs projets innovateurs, au risque de réduire la probabilité de succès des produits, car elles n'ont pas les ressources financières pour les "supporter" et que les conditions de financement qui leur sont offertes sont disproportionnées par rapport au risque que les projets présentent.

Comment favoriser le développement des PME en général et stimuler l'innovation en particulier ? En les aidant à développer leurs projets ce qui, à un moment donné, peut exiger l'injection de fonds dans l'entreprise. Ces fonds doivent toutefois être disponibles à des conditions intéressantes pour les PME sans créer de pressions inutiles sur leurs liquidités, ce qui pourrait accroître le risque total de l'entreprise et nuire à ses autres projets. D'un autre côté, pour stimuler l'offre de financement, il faut que les conditions exigées des entreprises compensent les différents bailleurs de fonds pour les risques "réels" qu'ils encourent sur leurs capitaux.

Pour pouvoir ouvrir les portes des bailleurs de fonds, il faut ainsi leur fournir des outils appropriés permettant d'évaluer le risque réel de l'innovation afin d'exiger des entreprises, une rémunération adéquate. En identifiant les divers éléments de risque, on peut travailler à mieux les gérer et les contrôler et, par conséquent, à les réduire. Il devrait ainsi s'en suivre une amélioration des conditions de financement et du degré d'innovation des PME.

Finalement, ajoutons que l'internationalisation des entreprises constitue également un autre facteur de croissance économique important et intéressant. Celle-ci est toutefois possible de façon fructueuse et efficace seulement pour les entreprises qui ont des produits différenciés et dont les activités d'innovation sont profitables. Par ailleurs, étant donné les risques qu'elle présente, l'exportation constitue une autre dimension de l'activité des PME qui souffre de difficultés de financement. Cette dimension a ainsi été ajoutée à l'outil afin de permettre à l'utilisateur d'évaluer différents types de projets visant l'expansion et le développement des PME.

Objectifs visés par ce projet

L'appropriation et la mise en application de méthodes plus performantes d'évaluation du risque constituent à notre avis une réponse stratégique intéressante à la problématique de financement chez les PME.

Le développement d'un outil pour l'évaluation du risque dans les PME n'a pas pour but d'établir un système d'évaluation unique à être utilisé par tous les acteurs (voir "A qui s'adresse ce logiciel ?"), mais vise plutôt à instaurer un instrument commun d'apprentissage pour favoriser l'arrimage des pratiques d'affaires entre les différents acteurs. Dans ce contexte, l'appréciation et la perception du risque par

les bailleurs de fonds deviennent alors décisives dans l'approbation et la détermination des conditions de financement pour les PME.

Puisque le développement d'un tel outil s'adresse à plusieurs acteurs, les objectifs à atteindre à travers une connaissance plus approfondie des différentes composantes du risque pourraient être multiples, comme par exemple :

- pour les **PME** : amener les PME à en faire une gestion plus stratégique, c'est-à-dire, les inciter à appliquer, aux différentes composantes du risque, des mesures de mitigation ou de couverture de manière à réduire le risque et le rendre plus acceptable pour les bailleurs de fonds;
- pour les **institutions qui leur viennent en aide** : amener ces institutions à développer des programmes et services étroitement liés aux mesures de mitigation ou de couverture, de manière à répondre plus efficacement aux besoins de leur clientèle en cette matière;
- pour les différents **bailleurs de fonds** : amener les bailleurs de fonds à évaluer avec beaucoup d'acuité le risque réel que représente le financement de projet chez les PME de manière à leur proposer des conditions de financement plus intéressantes.

Description du logiciel

L'outil **eRisC** a été développé afin de permettre l'identification des principaux éléments de risque susceptibles de nuire aux succès des projets de développement chez les PME, soient des projets d'expansion, d'exportation et d'innovation, d'en mesurer l'ampleur et de prendre des actions pour les gérer. Chacun de ces trois types de projets (voir tableau A.1) fait l'objet d'une section distincte de l'outil.

Types de projet	Définition
Expansion	Augmentation ou modification de la capacité de production.
Exportation	Ventes de produits dans un marché à l'extérieur du Canada.
Innovation	Développement d'un produit/procédé/équipement n'ayant jamais été utilisé dans l'entreprise.

Tableau A.1 : Types de projets à évaluer et leur description.

L'utilisateur sera invité à compléter, en fonction du type de projet, une grille d'informations (ou questionnaire) recensant les principaux éléments de risque du projet évalué et à répondre aux divers questions par « oui », « non », « ne sais pas » ou « ne s'applique pas » (voir figure A.2). Les quatre réponses possibles ne sont pas offertes à chacun des énoncés afin d'obliger l'évaluateur à bien se documenter sur le projet et à prendre position sur le risque réel qu'est susceptible de présenter le projet évalué. Ces différents éléments de réponse ont été pondérés selon leur importance relative et leur influence sur le succès du projet. Les

différents éléments de risque jugés critiques sont “éclatés” en sous-éléments¹⁸ afin d'arriver à une évaluation la plus précise possible. Ces sous éléments permettent de nuancer de façon importante le risque réel que présentent certains projets en fournissant une évaluation plus juste de certaines données observées immédiatement qui pourraient laisser croire à un degré de risque supérieur au risque réel, alors que l'entrepreneur ou le promoteur du projet aura déjà pris les mesures appropriées afin de régler ce risque.

@RisC Logiciel d'identification, d'évaluation et de gestion du risque des projets de développement dans les PME

Accueil Evaluation Rapports Utilisateur A Propos Aide Quitter

Débuter une nouvelle évaluation | Continuer une évaluation | Supprimer une évaluation | L'entrepreneur et l'évaluation Français / English

Projet d'expansion: exemple 1

☒ Risque commercial ☒ Risque opérationnel ☒ Risque de gestion ☒ Risque financier ☒ Risque de l'entrepreneur

Rapport(s) disponible(s) : Risque Mitigation

	OUI	NON	NSP	NA
<p>➤ Personnalité: Évaluation de la capacité de l'entrepreneur à concilier sa vie privée et sa vie professionnelle</p> <p>Une baisse <u>importante</u> de l'activité de l'entreprise affecterait-elle la situation financière familiale de l'entrepreneur?</p>				
L'entrepreneur serait-il capable, personnellement, de gérer son entreprise avec 20% d'employés de plus?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
L'entrepreneur consulte-t-il certaines personnes pour l'aider à solutionner des problèmes <u>majeurs</u> dans l'entreprise (conjoint, associé, consultant ou autre)?	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Réussit-il habituellement à trouver le temps nécessaire pour définir une solution satisfaisante?	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dans les deux dernières années, est-ce que la vie familiale de l'entrepreneur a souffert de façon importante de son travail à l'entreprise?	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<p>➤ Compétences et relève: Évaluation des compétences de gestion de l'entrepreneur, de la présence d'une relève et des habiletés de cette dernière</p> <p>L'entrepreneur a-t-il reçu une formation dans le but de développer ses habiletés et connaissances en gestion?</p>				
Est-ce que les activités de gestion sont sous la responsabilité d'une personne <u>qualifiée</u> dans l'entreprise?	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Si l'entrepreneur devait quitter la direction de son entreprise, celle-ci bénéficierait-elle d'une relève assurée?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Figure A.2 : Extrait du questionnaire d'expansion de eRisC servant à évaluer le niveau de risque.

Chaque questionnaire a été divisé en secteurs afin d'évaluer différents types de risque. En effet, un projet d'innovation, par exemple, n'aura pas à évaluer les mêmes types de risque qu'un projet d'expansion. Dans le premier cas, l'outil évaluera les risques techniques, de marché, intrinsèques, et managériaux ; tandis qu'un projet d'exportation sera évalué sur les risques commerciaux, opérationnels, de gestion, financiers et par rapport à l'entrepreneur. Chaque secteur constitue une page différente du questionnaire comme le montre les figures A.2 et A.3. Il suffit simplement de cliquer sur le secteur désiré et les questions appropriées apparaîtront. De plus, le poids de chacun des secteurs est paramétrable, c'est-à-dire que l'utilisateur peut décider quelle importance accorder à chacun des secteurs lors du calcul du risque. Pour ce faire, l'utilisateur n'a qu'à compléter un court formulaire (figure A.5) et à le soumettre. Le calcul sera refait en tenant compte des nouveaux poids accordés aux différents secteurs.

¹⁸ Étant donné que nous faisons parfois référence à la grille d'évaluation sous le nom de questionnaire, nous employons aussi les termes questions et sous-questions pour désigner éléments et sous-éléments respectivement.

type de projet nom du projet évalué indique que cette partie du questionnaire n'a pas été complètement remplis secteur

Projet d'innovation: Évaluation 1

☒ Risque technique ☒ Risque de marché ☒ Autres risques intrinsèques ☒ Risques managériaux

OUT NON NSP NA

Figure A.3 : En-tête du questionnaire. La partie supérieure contient les informations concernant le projet et la partie inférieure est la barre d'outil contenant les options disponibles à l'évaluateur.

Une fois la grille complétée, l'utilisateur obtient une évaluation globale du risque du projet ainsi que l'identification des principaux facteurs de risque susceptibles de nuire au succès du projet (voir figure A.4). L'utilisateur est libre de déterminer le nombre de facteurs à afficher à l'écran (voir figure A.5). Par défaut, ce nombre est cinq. L'utilisateur est aussi invité à gérer ces éléments de risque. Différentes solutions lui sont proposées et on lui demande d'indiquer si certaines d'entre elles peuvent être mises en place (voir figure A.6). Si oui, il aura réduit le risque total de son projet et ce risque résiduel pourra alors servir à déterminer des conditions de financement.

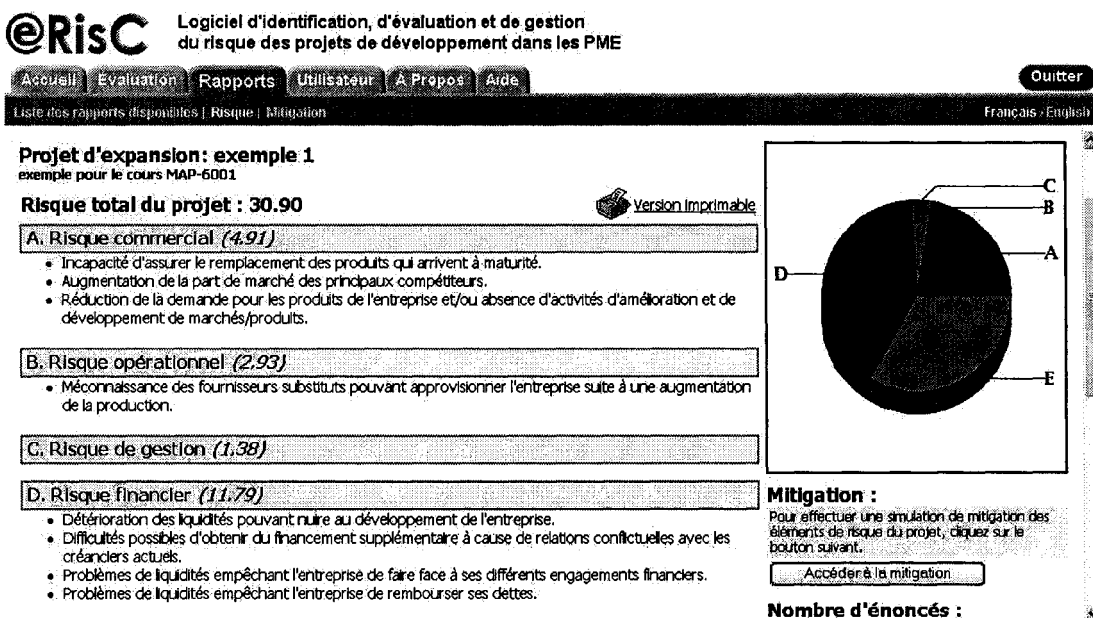


Figure A.4 : Résultat de l'évaluation d'un projet par @RisC. Le niveau de risque final pour ce projet est de 30.90. Nous voyons également le niveau de risque correspondant à chaque secteur du questionnaire. Le résultat est représenté graphiquement sous forme de graphique circulaire afin de mieux visualiser l'apport de chaque secteur dans le niveau final de risque.

Nombre d'énoncés :

Pour modifier le nombre d'énoncés de risque à afficher dans ce rapport d'évaluation du risque, entrez le chiffre désiré puis cliquez sur le bouton "Soumettre".

Poids des sections :

Le poids des sections présente l'importance relative de chacune dans la composition du risque total du projet. Vous pouvez modifier le poids des sections selon l'importance que vous accordez à chacune dans la réussite du projet. Pour ce faire, entrez le pourcentage désiré, puis cliquez sur le bouton "Soumettre".

Risque commercial %

Risque opérationnel %

Risque de gestion %

Risque financier %

Risque de l'entrepreneur %

Figure A.5 : L'utilisateur peut déterminer le nombre d'énoncés de risque à afficher dans le rapport ainsi que le poids à accorder aux différents secteurs du questionnaire. La somme des poids des secteurs doit toujours être égale à 100.

NOTE : Pour des fins pratiques, nous avons utilisé le terme "secteur" dans ce document afin de mieux différencier entre secteur et section. Dans cette figure, le terme "section" représente ce que nous appelons "secteur" dans ce document.

À qui s'adresse ce logiciel ?

Ce logiciel d'identification, d'évaluation et de gestion du risque des projets pour les PME s'adresse à plusieurs acteurs. Tout d'abord, aux **PME** et à leurs dirigeants afin de les amener à faire une gestion plus stratégique des différentes composantes du risque de manière à le réduire et à le rendre plus acceptable pour les bailleurs de fonds. Il s'adresse aussi aux **institutions qui leurs viennent en aide**, afin de les amener à développer des programmes et services étroitement liés aux mesures de mitigation ou de couverture du risque de manière à répondre plus efficacement aux besoins de leur clientèle et accroître le taux de succès des projets. Enfin, il est également destiné aux **différents bailleurs de fonds** afin de les aider à évaluer avec beaucoup plus d'acuité le risque réel que représentent les projets des PME de manière à leur proposer des conditions de financement plus intéressantes.

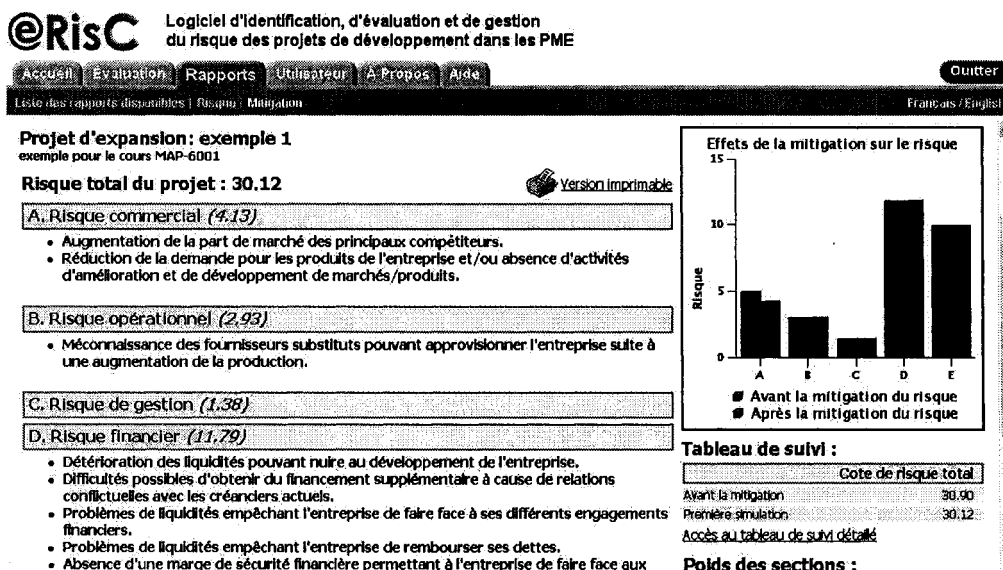


Figure A.6 : Rapport de mitigation présenté par **eRisC**. Le graphique représente la variation du risque sur les secteurs en fonction des mitigations apportées sur le projet. Nous pouvons observer, d'après la première barre du graphique, que le niveau de risque pour le secteur A a baissé suite aux mitigations appliquées. Le niveau global de risque est donc passé de 30.90 à 30.12

ANNEXE B

Cette annexe est référée par le chapitre 5.

Contenu du fichier guide.txt pour le questionnaire d'expansion

```
questionnaire [  
  secteur -1 [  
    section 1 []  
    section 16 []  
    section 31 []  
  ]  
  secteur -2 [  
    section 38 []  
    section 50 [  
      section 51 []  
      section 63 []  
      section 73 []  
    ]  
    section 82 []  
  ]  
  secteur -3 [  
    section 93 []  
    section 99 [  
      section 100 []  
      section 106 []  
    ]  
    section 123 []  
  ]  
  secteur -4 [  
    section 133 []  
    section 142 []  
    section 150 []  
  ]  
  secteur -5 [  
    section 158 []  
    section 166 []  
  ]  
]
```

Listing représentant l'arborescence du questionnaire d'expansion

```
QUESTIONNAIRE  
  SECTEUR -1  
    SECTION 1  
      QUESTION 2(radius) [factuelle] ---> non (1.92) *  
      QUESTION 2(radius) [factuelle] ---> oui (0.0)  
      QUESTION 3(radius) [factuelle] ---> non (0.0) *  
      QUESTION 3(radius) [factuelle] ---> oui (0.0)  
      QUESTION 4(radius) [perceptuelle] ---> non (1.92) *  
      QUESTION 4(radius) [perceptuelle] ---> oui (0.4) *  
      QUESTION 4(radius) [perceptuelle] ---> sp (1.6) *  
      QUESTION 2(radius) [factuelle] ---> nsp (0.0) *  
    SECTION 1  
      QUESTION 5(radius) [factuelle] ---> non (0.0)  
      QUESTION 6(radius) [factuelle] ---> non (1.2) *  
      QUESTION 6(radius) [factuelle] ---> oui (2.08) *
```

ANNEXE B

```

    QUESTION 6(radio) [factuelle] ---> sp (1.6) *
    QUESTION 5(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
    QUESTION 5(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
SECTION 1
    QUESTION 7(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
    QUESTION 7(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
    QUESTION 8(radio) [factuelle] ---> non (0.4) *
    QUESTION 8(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
    QUESTION 9(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
    QUESTION 10(radio) [factuelle] ---> non (0.16) *
    QUESTION 10(radio) [factuelle] ---> oui (0.24) *
    QUESTION 10(radio) [factuelle] ---> sp (0.24) *
    QUESTION 9(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
    QUESTION 9(radio) [factuelle] ---> sp (0.24) *
    QUESTION 7(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
SECTION 1
    QUESTION 11(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
    QUESTION 12(radio) [factuelle] ---> non (0.8) *
    QUESTION 12(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
    QUESTION 13(radio) [perceptuelle] ---> non (1.44) *
    QUESTION 13(radio) [perceptuelle] ---> oui (0.16) *
    QUESTION 13(radio) [perceptuelle] ---> sp (1.44) *
    QUESTION 12(radio) [factuelle] ---> sp (1.2) *
    QUESTION 11(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
    QUESTION 11(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
    QUESTION 11(radio) [factuelle] ---> sp (1.2) *
SECTION 1
    QUESTION 14(radio) [perceptuelle] ---> non (1.92) *
    QUESTION 14(radio) [perceptuelle] ---> oui (0.0) *
    QUESTION 15(radio) [perceptuelle] ---> non (1.6) *
    QUESTION 15(radio) [perceptuelle] ---> oui (0.0) *
    QUESTION 15(radio) [perceptuelle] ---> sp (0.8) *
    QUESTION 14(radio) [perceptuelle] ---> nsp (0.0) *
    QUESTION 14(radio) [perceptuelle] ---> sp (1.6) *
SECTEUR -1
SECTION 16
    QUESTION 17(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
    QUESTION 17(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
    QUESTION 18(radio) [factuelle] ---> non (1.5) *
    QUESTION 18(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
    QUESTION 19(radio) [perceptuelle] ---> non (1.8) *
    QUESTION 19(radio) [perceptuelle] ---> oui (2.5) *
    QUESTION 19(radio) [perceptuelle] ---> sp (2.0) *
    QUESTION 17(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
SECTION 16
    QUESTION 20(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
    QUESTION 20(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
    QUESTION 21(radio) [perceptuelle] ---> non (0.6000000000000001) *
    QUESTION 21(radio) [perceptuelle] ---> oui (0.2) *
    QUESTION 21(radio) [perceptuelle] ---> sp (0.4) *
    QUESTION 22(radio) [perceptuelle] ---> non (0.9) *
    QUESTION 22(radio) [perceptuelle] ---> oui (0.30000000000000004) *
    QUESTION 22(radio) [perceptuelle] ---> sp (0.9) *
    QUESTION 20(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
SECTION 16
    QUESTION 23(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
    QUESTION 23(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
    QUESTION 24(radio) [factuelle] ---> non (0.8) *
    QUESTION 24(radio) [factuelle] ---> oui (0.30000000000000004) *
    QUESTION 24(radio) [factuelle] ---> sp (0.8) *
    QUESTION 25(radio) [factuelle] ---> non (1.2000000000000002) *
    QUESTION 25(radio) [factuelle] ---> oui (0.2) *
    QUESTION 23(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
    QUESTION 23(radio) [factuelle] ---> sp (2.0) *
SECTION 16
    QUESTION 26(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
    QUESTION 26(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
    QUESTION 27(radio) [factuelle] ---> non (1.2000000000000002) *
    QUESTION 27(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
    QUESTION 28(radio) [perceptuelle] ---> non (1.4000000000000001) *
    QUESTION 28(radio) [perceptuelle] ---> oui (2.2) *

```

ANNEXE B

```

        QUESTION 28(radio) [perceptuelle] ---> sp (1.8) *
        QUESTION 26(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
        QUESTION 26(radio) [factuelle] ---> sp (2.2) *
    SECTION 16
        QUESTION 29(radio) [factuelle] ---> non (1.8) *
        QUESTION 29(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
        QUESTION 30(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
        QUESTION 30(radio) [factuelle] ---> oui (1.5) *
        QUESTION 30(radio) [factuelle] ---> sp (1.5) *
        QUESTION 29(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
    SECTEUR -1
    SECTION 31
        QUESTION 32(radio) [factuelle] ---> non (0.0)
        QUESTION 33(radio) [factuelle] ---> non (1.5) *
        QUESTION 33(radio) [factuelle] ---> oui (0.25) *
        QUESTION 32(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
        QUESTION 32(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
    SECTION 31
        QUESTION 34(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
        QUESTION 34(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
        QUESTION 35(radio) [factuelle] ---> non (0.1) *
        QUESTION 35(radio) [factuelle] ---> oui (1.0) *
        QUESTION 36(radio) [factuelle] ---> non (1.5) *
        QUESTION 36(radio) [factuelle] ---> oui (0.1) *
        QUESTION 37(radio) [perceptuelle] ---> non (0.1) *
        QUESTION 37(radio) [perceptuelle] ---> oui (1.0) *
        QUESTION 34(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
        QUESTION 34(radio) [factuelle] ---> sp (1.75) *
    SECTEUR -2
    SECTION 38
        QUESTION 39(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
        QUESTION 39(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
        QUESTION 40(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
        QUESTION 40(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
        QUESTION 41(radio) [perceptuelle] ---> non (0.1) *
        QUESTION 41(radio) [perceptuelle] ---> oui (0.9) *
        QUESTION 41(radio) [perceptuelle] ---> sp (0.6000000000000001) *
        QUESTION 39(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
    SECTION 38
        QUESTION 42(radio) [factuelle] ---> non (1.0) *
        QUESTION 42(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
        QUESTION 43(radio) [factuelle] ---> non (0.1) *
        QUESTION 43(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
        QUESTION 44(radio) [factuelle] ---> non (0.25) *
        QUESTION 44(radio) [factuelle] ---> oui (0.4) *
        QUESTION 45(radio) [factuelle] ---> non (0.25) *
        QUESTION 45(radio) [factuelle] ---> oui (0.4) *
        QUESTION 42(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
    SECTION 38
        QUESTION 46(radio) [perceptuelle] ---> non (0.0)
        QUESTION 47(radio) [factuelle] ---> non (1.5) *
        QUESTION 47(radio) [factuelle] ---> oui (0.25) *
        QUESTION 46(radio) [perceptuelle] ---> oui (0.0) *
        QUESTION 46(radio) [perceptuelle] ---> nsp (0.0) *
        QUESTION 46(radio) [perceptuelle] ---> sp (1.0) *
    SECTION 38
        QUESTION 48(radio) [perceptuelle] ---> non (0.0) *
        QUESTION 48(radio) [perceptuelle] ---> oui (0.0)
        QUESTION 49(radio) [factuelle] ---> non (1.6) *
        QUESTION 49(radio) [factuelle] ---> oui (0.25) *
        QUESTION 48(radio) [perceptuelle] ---> nsp (0.0) *
        QUESTION 48(radio) [perceptuelle] ---> sp (1.0) *
    SECTEUR -2
    SECTION 50
    SECTION 51
        QUESTION 52(radio) [factuelle] ---> non (0.0)
        QUESTION 53(radio) [perceptuelle] ---> non (0.15) *
        QUESTION 53(radio) [perceptuelle] ---> oui (0.44999999999999996) *
        QUESTION 53(radio) [perceptuelle] ---> sp (0.36) *
        QUESTION 52(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
        QUESTION 52(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *

```


ANNEXE B

```

SECTION 51
QUESTION 54(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
QUESTION 54(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
QUESTION 55(radio) [factuelle] ---> non (0.06) *
QUESTION 55(radio) [factuelle] ---> oui (0.36) *
QUESTION 56(radio) [factuelle] ---> non (0.15) *
QUESTION 56(radio) [factuelle] ---> oui (0.32999999999999996) *
QUESTION 57(radio) [perceptuelle] ---> non (0.06) *
QUESTION 57(radio) [perceptuelle] ---> oui (0.36) *
QUESTION 54(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
SECTION 51
QUESTION 58(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
QUESTION 58(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
QUESTION 59(radio) [factuelle] ---> non (0.24) *
QUESTION 59(radio) [factuelle] ---> oui (0.36) *
QUESTION 60(radio) [perceptuelle] ---> non (0.09) *
QUESTION 60(radio) [perceptuelle] ---> oui (0.24) *
QUESTION 60(radio) [perceptuelle] ---> sp (0.18) *
QUESTION 58(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
SECTION 51
QUESTION 61(radio) [factuelle] ---> non (0.0)
QUESTION 62(radio) [perceptuelle] ---> non (0.8999999999999999) *
QUESTION 62(radio) [perceptuelle] ---> oui (0.3) *
QUESTION 62(radio) [perceptuelle] ---> sp (0.6) *
QUESTION 61(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
QUESTION 61(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
QUESTION 61(radio) [factuelle] ---> sp (0.6) *
SECTION 50
SECTION 63
QUESTION 64(radio) [factuelle] ---> non (0.0)
QUESTION 65(radio) [factuelle] ---> non (0.6) *
QUESTION 65(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
QUESTION 66(radio) [factuelle] ---> non (0.06) *
QUESTION 66(radio) [factuelle] ---> oui (0.44999999999999996) *
QUESTION 67(radio) [perceptuelle] ---> non (0.06) *
QUESTION 67(radio) [perceptuelle] ---> oui (0.6) *
QUESTION 64(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
QUESTION 64(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
SECTION 63
QUESTION 68(radio) [factuelle] ---> non (0.0)
QUESTION 69(radio) [factuelle] ---> non (0.44999999999999996) *
QUESTION 69(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
QUESTION 70(radio) [factuelle] ---> non (0.44999999999999996) *
QUESTION 70(radio) [factuelle] ---> oui (0.6) *
QUESTION 68(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
QUESTION 68(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
SECTION 63
QUESTION 71(radio) [perceptuelle] ---> non (0.0) *
QUESTION 71(radio) [perceptuelle] ---> oui (0.8999999999999999) *
QUESTION 71(radio) [perceptuelle] ---> nsp (0.0) *
QUESTION 71(radio) [perceptuelle] ---> sp (0.6) *
SECTION 63
QUESTION 72(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
QUESTION 72(radio) [factuelle] ---> oui (0.44999999999999996) *
QUESTION 72(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
QUESTION 72(radio) [factuelle] ---> sp (0.3) *
SECTION 50
SECTION 73
QUESTION 74(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
QUESTION 74(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
QUESTION 75(radio) [factuelle] ---> non (0.14) *
QUESTION 75(radio) [factuelle] ---> oui (1.4000000000000001) *
QUESTION 76(radio) [factuelle] ---> non (0.14) *
QUESTION 76(radio) [factuelle] ---> oui (0.7000000000000001) *
QUESTION 77(radio) [factuelle] ---> non (1.7500000000000002) *
QUESTION 77(radio) [factuelle] ---> oui (0.14) *
QUESTION 74(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
SECTION 73
QUESTION 78(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
QUESTION 78(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
QUESTION 79(radio) [factuelle] ---> non (0.14) *

```

ANNEXE B

```

        QUESTION 79(radio) [factuelle] ---> oui (1.05) *
        QUESTION 80(radio) [factuelle] ---> non (0.14) *
        QUESTION 80(radio) [factuelle] ---> oui (0.7000000000000001) *
        QUESTION 81(radio) [factuelle] ---> non (1.4000000000000001) *
        QUESTION 81(radio) [factuelle] ---> oui (0.14) *
        QUESTION 78(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
SECTEUR -2
SECTION 82
        QUESTION 83(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
        QUESTION 83(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
        QUESTION 84(radio) [factuelle] ---> non (1.2600000000000002) *
        QUESTION 84(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
        QUESTION 85(radio) [factuelle] ---> non (0.14) *
        QUESTION 85(radio) [factuelle] ---> oui (0.7000000000000001) *
        QUESTION 86(radio) [factuelle] ---> non (0.14) *
        QUESTION 86(radio) [factuelle] ---> oui (0.56) *
        QUESTION 87(radio) [perceptuelle] ---> non (1.54) *
        QUESTION 87(radio) [perceptuelle] ---> oui (0.0) *
        QUESTION 87(radio) [perceptuelle] ---> sp (1.54) *
        QUESTION 83(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
        QUESTION 83(radio) [factuelle] ---> sp (2.45) *
SECTION 82
        QUESTION 88(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
        QUESTION 88(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
        QUESTION 89(radio) [factuelle] ---> non (2.1) *
        QUESTION 89(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
        QUESTION 88(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
SECTION 82
        QUESTION 90(radio) [factuelle] ---> non (0.0)
        QUESTION 91(radio) [factuelle] ---> non (0.21000000000000002) *
        QUESTION 91(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
        QUESTION 92(radio) [factuelle] ---> non (2.1) *
        QUESTION 92(radio) [factuelle] ---> oui (0.35000000000000003) *
        QUESTION 90(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
        QUESTION 90(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
SECTEUR -3
SECTION 93
        QUESTION 94(radio) [factuelle] ---> non (0.0)
        QUESTION 95(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
        QUESTION 95(radio) [factuelle] ---> oui (0.7000000000000001) *
        QUESTION 95(radio) [factuelle] ---> sp (0.5) *
        QUESTION 96(radio) [factuelle] ---> non (0.4) *
        QUESTION 96(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
        QUESTION 97(radio) [factuelle] ---> non (0.4) *
        QUESTION 97(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
        QUESTION 98(radio) [perceptuelle] ---> non (0.0) *
        QUESTION 98(radio) [perceptuelle] ---> oui (0.5) *
        QUESTION 98(radio) [perceptuelle] ---> sp (0.4) *
        QUESTION 94(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
        QUESTION 94(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
        QUESTION 94(radio) [factuelle] ---> sp (1.6) *
SECTEUR -3
SECTION 99
SECTION 100
        QUESTION 101(radio) [factuelle] ---> non (0.0)
        QUESTION 102(radio) [factuelle] ---> non (2.4) *
        QUESTION 102(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
        QUESTION 102(radio) [factuelle] ---> sp (1.6) *
        QUESTION 101(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
        QUESTION 101(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
SECTION 100
        QUESTION 103(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
        QUESTION 103(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
        QUESTION 104(radio) [factuelle] ---> non (0.6) *
        QUESTION 104(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
        QUESTION 104(radio) [factuelle] ---> sp (0.4) *
        QUESTION 105(radio) [perceptuelle] ---> non (0.0) *
        QUESTION 105(radio) [perceptuelle] ---> oui (1.0) *
        QUESTION 105(radio) [perceptuelle] ---> sp (0.8) *
        QUESTION 103(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
        QUESTION 103(radio) [factuelle] ---> sp (1.2) *

```

ANNEXE B

SECTION 99

SECTION 106

QUESTION 107(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
 QUESTION 107(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
 QUESTION 108(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
 QUESTION 108(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
 QUESTION 109(radio) [perceptuelle] ---> non (0.16) *
 QUESTION 109(radio) [perceptuelle] ---> oui (1.2) *
 QUESTION 109(radio) [perceptuelle] ---> sp (0.96) *
 QUESTION 108(radio) [factuelle] ---> sp (0.96) *
 QUESTION 110(radio) [factuelle] ---> non (1.2) *
 QUESTION 110(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
 QUESTION 107(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *

SECTION 106

QUESTION 111(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
 QUESTION 111(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
 QUESTION 112(radio) [factuelle] ---> non (0.64) *
 QUESTION 112(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
 QUESTION 113(radio) [factuelle] ---> non (1.2) *
 QUESTION 113(radio) [factuelle] ---> oui (0.4) *
 QUESTION 111(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
 QUESTION 111(radio) [factuelle] ---> sp (0.96) *

SECTION 106

QUESTION 114(radio) [factuelle] ---> non (0.0)
 QUESTION 115(radio) [perceptuelle] ---> non (0.8) *
 QUESTION 115(radio) [perceptuelle] ---> oui (0.4) *
 QUESTION 115(radio) [perceptuelle] ---> sp (0.8) *
 QUESTION 114(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
 QUESTION 114(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *

SECTION 106

QUESTION 116(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
 QUESTION 116(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
 QUESTION 117(radio) [factuelle] ---> non (0.64) *
 QUESTION 117(radio) [factuelle] ---> oui (1.2) *
 QUESTION 117(radio) [factuelle] ---> sp (0.64) *
 QUESTION 116(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *

SECTION 106

QUESTION 118(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
 QUESTION 118(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
 QUESTION 119(radio) [factuelle] ---> non (0.64) *
 QUESTION 119(radio) [factuelle] ---> oui (1.2) *
 QUESTION 119(radio) [factuelle] ---> sp (0.64) *
 QUESTION 118(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *

SECTION 106

QUESTION 120(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
 QUESTION 120(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
 QUESTION 121(radio) [perceptuelle] ---> non (0.96) *
 QUESTION 121(radio) [perceptuelle] ---> oui (0.0)
 QUESTION 122(radio) [factuelle] ---> non (1.2) *
 QUESTION 122(radio) [factuelle] ---> oui (0.96) *
 QUESTION 121(radio) [perceptuelle] ---> sp (1.2) *
 QUESTION 120(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
 QUESTION 120(radio) [factuelle] ---> sp (1.2) *

SECTEUR -3

SECTION 123

QUESTION 124(radio) [factuelle] ---> non (1.7999999999999998) *
 QUESTION 124(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
 QUESTION 125(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
 QUESTION 125(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
 QUESTION 126(radio) [factuelle] ---> non (1.08) *
 QUESTION 126(radio) [factuelle] ---> oui (0.3) *
 QUESTION 127(radio) [factuelle] ---> non (0.3) *
 QUESTION 127(radio) [factuelle] ---> oui (0.72) *
 QUESTION 125(radio) [factuelle] ---> sp (1.5) *
 QUESTION 124(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *

SECTION 123

QUESTION 128(radio) [factuelle] ---> non (0.0)
 QUESTION 129(radio) [factuelle] ---> non (0.8999999999999999) *
 QUESTION 129(radio) [factuelle] ---> oui (2.1) *
 QUESTION 129(radio) [factuelle] ---> sp (1.2) *
 QUESTION 128(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *

ANNEXE B

```

QUESTION 128(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
QUESTION 128(radio) [factuelle] ---> sp (1.5) *
SECTION 123
QUESTION 130(radio) [factuelle] ---> non (0.0)
QUESTION 131(radio) [factuelle] ---> non (0.8999999999999999) *
QUESTION 131(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
QUESTION 132(radio) [factuelle] ---> non (1.2) *
QUESTION 132(radio) [factuelle] ---> oui (2.1) *
QUESTION 131(radio) [factuelle] ---> sp (0.8999999999999999) *
QUESTION 130(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
QUESTION 130(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
SECTEUR -4
SECTION 133
QUESTION 134(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
QUESTION 134(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
QUESTION 135(radio) [perceptuelle] ---> non (1.0) *
QUESTION 135(radio) [perceptuelle] ---> oui (0.0) *
QUESTION 136(radio) [factuelle] ---> non (0.75) *
QUESTION 136(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
QUESTION 136(radio) [factuelle] ---> sp (0.5) *
QUESTION 134(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
SECTION 133
QUESTION 137(radio) [factuelle] ---> non (0.0)
QUESTION 138(radio) [factuelle] ---> non (1.0) *
QUESTION 138(radio) [factuelle] ---> oui (0.25) *
QUESTION 138(radio) [factuelle] ---> sp (0.5) *
QUESTION 137(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
QUESTION 137(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
QUESTION 137(radio) [factuelle] ---> sp (0.5) *
SECTION 133
QUESTION 139(radio) [perceptuelle] ---> non (1.5) *
QUESTION 139(radio) [perceptuelle] ---> oui (0.0) *
QUESTION 139(radio) [perceptuelle] ---> nsp (0.0) *
SECTION 133
QUESTION 140(radio) [factuelle] ---> non (1.0) *
QUESTION 140(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
QUESTION 140(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
QUESTION 140(radio) [factuelle] ---> sp (0.75) *
SECTION 133
QUESTION 141(radio) [perceptuelle] ---> non (0.0) *
QUESTION 141(radio) [perceptuelle] ---> oui (0.75) *
QUESTION 141(radio) [perceptuelle] ---> nsp (0.0) *
QUESTION 141(radio) [perceptuelle] ---> sp (0.5) *
SECTEUR -4
SECTION 142
QUESTION 143(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
QUESTION 143(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
QUESTION 144(radio) [factuelle] ---> non (0.6) *
QUESTION 144(radio) [factuelle] ---> oui (0.96) *
QUESTION 143(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
SECTION 142
QUESTION 145(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
QUESTION 145(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
QUESTION 146(radio) [factuelle] ---> non (0.6) *
QUESTION 146(radio) [factuelle] ---> oui (0.96) *
QUESTION 145(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
SECTION 142
QUESTION 147(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
QUESTION 147(radio) [factuelle] ---> oui (1.2) *
QUESTION 147(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
SECTION 142
QUESTION 148(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
QUESTION 148(radio) [factuelle] ---> oui (1.56) *
QUESTION 148(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
SECTION 142
QUESTION 149(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
QUESTION 149(radio) [factuelle] ---> oui (1.3199999999999998) *
QUESTION 149(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
SECTEUR -4
SECTION 150
QUESTION 151(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *

```

ANNEXE B

```

QUESTION 151(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
QUESTION 152(radio) [factuelle] ---> non (0.06) *
QUESTION 152(radio) [factuelle] ---> oui (0.36) *
QUESTION 153(radio) [factuelle] ---> non (0.3) *
QUESTION 153(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
QUESTION 154(radio) [perceptuelle] ---> non (0.0) *
QUESTION 154(radio) [perceptuelle] ---> oui (0.24) *
QUESTION 154(radio) [perceptuelle] ---> sp (0.15) *
QUESTION 151(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
SECTION 150
QUESTION 155(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
QUESTION 155(radio) [factuelle] ---> oui (1.2) *
QUESTION 155(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
SECTION 150
QUESTION 156(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
QUESTION 156(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
QUESTION 157(radio) [factuelle] ---> non (0.8999999999999999) *
QUESTION 157(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
QUESTION 156(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
SECTEUR -5
SECTION 158
QUESTION 159(radio) [perceptuelle] ---> non (0.0) *
QUESTION 159(radio) [perceptuelle] ---> oui (3.3) *
QUESTION 159(radio) [perceptuelle] ---> nsp (0.0) *
QUESTION 159(radio) [perceptuelle] ---> sp (1.65) *
SECTION 158
QUESTION 160(radio) [perceptuelle] ---> non (0.0)
QUESTION 161(radio) [perceptuelle] ---> non (0.55) *
QUESTION 161(radio) [perceptuelle] ---> oui (1.65) *
QUESTION 160(radio) [perceptuelle] ---> oui (0.0) *
QUESTION 160(radio) [perceptuelle] ---> nsp (0.0) *
QUESTION 160(radio) [perceptuelle] ---> sp (1.1) *
SECTION 158
QUESTION 162(radio) [factuelle] ---> non (0.0)
QUESTION 163(radio) [perceptuelle] ---> non (2.2) *
QUESTION 163(radio) [perceptuelle] ---> oui (0.0) *
QUESTION 162(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
QUESTION 162(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
SECTION 158
QUESTION 164(radio) [factuelle] ---> non (0.0) *
QUESTION 164(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
QUESTION 165(radio) [perceptuelle] ---> non (0.0) *
QUESTION 165(radio) [perceptuelle] ---> oui (3.85) *
QUESTION 165(radio) [perceptuelle] ---> sp (1.65) *
QUESTION 164(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
SECTEUR -5
SECTION 166
QUESTION 167(radio) [factuelle] ---> non (0.0)
QUESTION 168(radio) [factuelle] ---> non (2.4) *
QUESTION 168(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
QUESTION 169(radio) [factuelle] ---> non (1.7999999999999998) *
QUESTION 169(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
QUESTION 167(radio) [factuelle] ---> oui (0.0) *
QUESTION 167(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *
SECTION 166
QUESTION 170(radio) [factuelle] ---> non (3.5999999999999996) *
QUESTION 170(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
QUESTION 171(radio) [factuelle] ---> non (3.0) *
QUESTION 171(radio) [factuelle] ---> oui (0.0)
QUESTION 172(radio) [perceptuelle] ---> non (3.0) *
QUESTION 172(radio) [perceptuelle] ---> oui (0.0) *
QUESTION 170(radio) [factuelle] ---> nsp (0.0) *

```

Listing représentant l'arborescence du questionnaire d'exportation

```

QUESTIONNAIRE
  SECTEUR -1
    SECTION 1
      QUESTION 2(radio) ---> oui (0.0) [factuelle]
      QUESTION 3(radio) ---> non (0.0) [factuelle] *
    SECTION 1
      QUESTION 5(radio) ---> oui (0.0) [factuelle] *
    SECTION 1
      QUESTION 7(radio) ---> non (0.0) [factuelle] *
    SECTION 1
      QUESTION 11(radio) ---> oui (0.0) [factuelle] *
    SECTION 1
      QUESTION 14(radio) ---> non (1.92) *
      QUESTION 14(radio) ---> oui (0.0)
      QUESTION 15(radio) ---> non (1.6) *
      QUESTION 15(radio) ---> oui (0.0) *
      QUESTION 15(radio) ---> sp (0.8) *
      QUESTION 14(radio) ---> nsp (0.0) *
      QUESTION 14(radio) ---> sp (1.6) *
  SECTEUR -1
    SECTION 16
      QUESTION 17(radio) ---> non (0.0) [factuelle] *
    SECTION 16
      QUESTION 20(radio) ---> non (0.0) [factuelle] *
    SECTION 16
      QUESTION 23(radio) ---> non (0.0) [factuelle] *
    SECTION 16
      QUESTION 26(radio) ---> non (0.0) [factuelle] *
    SECTION 16
      QUESTION 29(radio) ---> non (1.8) [factuelle] *
  SECTEUR -1
    SECTION 31
      QUESTION 32(radio) ---> non (0.0) [factuelle]
      QUESTION 33(radio) ---> non (1.5) [factuelle] *
    SECTION 31
      QUESTION 34(radio) ---> oui (0.0) [factuelle]
      QUESTION 35(radio) ---> non (0.1) [factuelle] *
      QUESTION 36(radio) ---> non (1.5) [factuelle] *
      QUESTION 37(radio) ---> non (0.1) *
      QUESTION 37(radio) ---> oui (1.0) *
  SECTEUR -2
    SECTION 38
      QUESTION 39(radio) ---> non (0.0) [factuelle] *
    SECTION 38
      QUESTION 42(radio) ---> oui (0.0) [factuelle]
      QUESTION 43(radio) ---> non (0.1) [factuelle] *
    SECTION 38
      QUESTION 46(radio) ---> non (0.0)
      QUESTION 47(radio) ---> non (1.5) [factuelle] *
      QUESTION 46(radio) ---> oui (0.0) *
      QUESTION 46(radio) ---> nsp (0.0) *
      QUESTION 46(radio) ---> sp (1.0) *
    SECTION 38
      QUESTION 48(radio) ---> non (0.0) *
      QUESTION 48(radio) ---> oui (0.0)
      QUESTION 49(radio) ---> non (1.6) [factuelle] *
      QUESTION 48(radio) ---> nsp (0.0) *
      QUESTION 48(radio) ---> sp (1.0) *
  SECTEUR -2
    SECTION 50
    SECTION 51
      QUESTION 52(radio) ---> oui (0.0) [factuelle] *
    SECTION 51
      QUESTION 54(radio) ---> oui (0.0) [factuelle]
      QUESTION 55(radio) ---> non (0.06) [factuelle] *
      QUESTION 56(radio) ---> non (0.15) [factuelle] *
      QUESTION 57(radio) ---> non (0.06) *

```

ANNEXE B

```

        QUESTION 57(radio) ---> oui (0.36) *
SECTION 51
        QUESTION 58(radio) ---> non (0.0) [factuelle] *
SECTION 51
        QUESTION 61(radio) ---> non (0.0) [factuelle]
        QUESTION 62(radio) ---> non (0.8999999999999999) *
        QUESTION 62(radio) ---> oui (0.3) *
        QUESTION 62(radio) ---> sp (0.6) *
SECTION 50
SECTION 63
        QUESTION 64(radio) ---> oui (0.0) [factuelle] *
SECTION 63
        QUESTION 68(radio) ---> non (0.0) [factuelle]
        QUESTION 69(radio) ---> non (0.44999999999999996) [factuelle] *
SECTION 63
        QUESTION 71(radio) ---> non (0.0) *
        QUESTION 71(radio) ---> oui (0.8999999999999999) *
        QUESTION 71(radio) ---> nsp (0.0) *
        QUESTION 71(radio) ---> sp (0.6) *
SECTION 63
        QUESTION 72(radio) ---> nsp (0.0) [factuelle] *
SECTION 50
SECTION 73
        QUESTION 74(radio) ---> non (0.0) [factuelle] *
SECTION 73
        QUESTION 78(radio) ---> non (0.0) [factuelle] *
SECTEUR -2
SECTION 82
        QUESTION 83(radio) ---> oui (0.0) [factuelle]
        QUESTION 84(radio) ---> oui (0.0) [factuelle]
        QUESTION 85(radio) ---> non (0.14) [factuelle] *
        QUESTION 86(radio) ---> non (0.14) [factuelle] *
        QUESTION 87(radio) ---> non (1.54) *
        QUESTION 87(radio) ---> oui (0.0) *
        QUESTION 87(radio) ---> sp (1.54) *
SECTION 82
        QUESTION 88(radio) ---> non (0.0) [factuelle] *
SECTION 82
        QUESTION 90(radio) ---> oui (0.0) [factuelle] *
SECTEUR -3
SECTION 93
        QUESTION 94(radio) ---> oui (0.0) [factuelle] *
SECTEUR -3
SECTION 99
SECTION 100
        QUESTION 101(radio) ---> non (0.0) [factuelle]
        QUESTION 102(radio) ---> oui (0.0) [factuelle] *
SECTION 100
        QUESTION 103(radio) ---> oui (0.0) [factuelle]
        QUESTION 104(radio) ---> oui (0.0) [factuelle] *
        QUESTION 105(radio) ---> non (0.0) *
        QUESTION 105(radio) ---> oui (1.0) *
        QUESTION 105(radio) ---> sp (0.8) *
SECTION 99
SECTION 106
        QUESTION 107(radio) ---> oui (0.0) [factuelle]
        QUESTION 108(radio) ---> oui (0.0) [factuelle]
        QUESTION 109(radio) ---> non (0.16) *
        QUESTION 109(radio) ---> oui (1.2) *
        QUESTION 109(radio) ---> sp (0.96) *
        QUESTION 110(radio) ---> oui (0.0) [factuelle] *
SECTION 106
        QUESTION 111(radio) ---> non (0.0) [factuelle] *
SECTION 106
        QUESTION 114(radio) ---> nsp (0.0) [factuelle] *
SECTION 106
        QUESTION 116(radio) ---> oui (0.0) [factuelle]
        QUESTION 117(radio) ---> sp (0.64) [factuelle] *
SECTION 106
        QUESTION 118(radio) ---> non (0.0) [factuelle] *
SECTION 106

```

ANNEXE B

```

    QUESTION 120(radio) ---> nsp (0.0) [factuelle] *
SECTEUR -3
SECTION 123
    QUESTION 124(radio) ---> non (1.7999999999999998) [factuelle] *
SECTION 123
    QUESTION 128(radio) ---> oui (0.0) [factuelle] *
SECTION 123
    QUESTION 130(radio) ---> oui (0.0) [factuelle] *
SECTEUR -4
SECTION 133
    QUESTION 134(radio) ---> oui (0.0) [factuelle]
    QUESTION 135(radio) ---> non (1.0) *
    QUESTION 135(radio) ---> oui (0.0) *
    QUESTION 136(radio) ---> non (0.75) [factuelle] *
SECTION 133
    QUESTION 137(radio) ---> non (0.0) [factuelle]
    QUESTION 138(radio) ---> non (1.0) [factuelle] *
SECTION 133
    QUESTION 139(radio) ---> non (1.5) *
    QUESTION 139(radio) ---> oui (0.0) *
    QUESTION 139(radio) ---> nsp (0.0) *
SECTION 133
    QUESTION 140(radio) ---> nsp (0.0) [factuelle] *
SECTION 133
    QUESTION 141(radio) ---> non (0.0) *
    QUESTION 141(radio) ---> oui (0.75) *
    QUESTION 141(radio) ---> nsp (0.0) *
    QUESTION 141(radio) ---> sp (0.5) *
SECTEUR -4
SECTION 142
    QUESTION 143(radio) ---> non (0.0) [factuelle] *
SECTION 142
    QUESTION 145(radio) ---> non (0.0) [factuelle] *
SECTION 142
    QUESTION 147(radio) ---> non (0.0) [factuelle] *
SECTION 142
    QUESTION 148(radio) ---> oui (1.56) [factuelle] *
SECTION 142
    QUESTION 149(radio) ---> non (0.0) [factuelle] *
SECTEUR -4
SECTION 150
    QUESTION 151(radio) ---> oui (0.0) [factuelle]
    QUESTION 152(radio) ---> non (0.06) [factuelle] *
    QUESTION 153(radio) ---> non (0.3) [factuelle] *
    QUESTION 154(radio) ---> non (0.0) *
    QUESTION 154(radio) ---> oui (0.24) *
    QUESTION 154(radio) ---> sp (0.15) *
SECTION 150
    QUESTION 155(radio) ---> non (0.0) [factuelle] *
SECTION 150
    QUESTION 156(radio) ---> oui (0.0) [factuelle]
    QUESTION 157(radio) ---> non (0.8999999999999999) [factuelle] *
SECTEUR -5
SECTION 158
    QUESTION 159(radio) ---> non (0.0) *
    QUESTION 159(radio) ---> oui (3.3) *
    QUESTION 159(radio) ---> nsp (0.0) *
    QUESTION 159(radio) ---> sp (1.65) *
SECTION 158
    QUESTION 160(radio) ---> non (0.0)
    QUESTION 161(radio) ---> non (0.55) *
    QUESTION 161(radio) ---> oui (1.65) *
    QUESTION 160(radio) ---> oui (0.0) *
    QUESTION 160(radio) ---> nsp (0.0) *
    QUESTION 160(radio) ---> sp (1.1) *
SECTION 158
    QUESTION 162(radio) ---> oui (0.0) [factuelle] *
SECTION 158
    QUESTION 164(radio) ---> oui (0.0) [factuelle]
    QUESTION 165(radio) ---> non (0.0) *
    QUESTION 165(radio) ---> oui (3.85) *

```


ANNEXE B

```
        QUESTION 165(radio) ---> sp (1.65) *
SECTEUR -5
SECTION 166
    QUESTION 167(radio) ---> non (0.0) [factuelle]
    QUESTION 168(radio) ---> non (2.4) [factuelle] *
SECTION 166
    QUESTION 170(radio) ---> non (3.5999999999999996) [factuelle] *
```

ANNEXE C

Description du projet

Le texte suivant est l'énoncé sur lequel les utilisateurs se sont basés afin de compléter le questionnaire. Ce projet fait l'objet du chapitre 6.

Logiciel eRisC

Développement d'une entreprise – Accroître les capacités de production
(Étude de cas développé par Josée St-Pierre, octobre 2003)

Projet : une jeune entreprise a de moins en moins de facilité à desservir ses principaux clients parce que la taille de leurs commandes s'accroît, qu'elle doit livrer à temps et qu'elle n'a pas les capacités physiques pour répondre adéquatement à cette situation. Elle songe donc à accroître la capacité de production pour répondre à cette demande et éventuellement aller à l'exportation.

Le profil de l'entreprise

Cie Inc. est une jeune entreprise âgée de 4 ans créée par un ingénieur alimentaire de 35 ans qui a quitté son employeur industriel pour développer ses propres produits. Grâce aux contacts faits chez son employeur et à sa formation en ingénierie alimentaire, il a pu organiser rapidement ses systèmes de production ainsi que son réseau de fournisseurs avec qui il était déjà en relations. Le secteur dans lequel œuvre l'entreprise nécessite des précautions particulières d'hygiène et de qualité, ce qui a amené l'entrepreneur à mettre en place un système d'inspection des intrants, d'assurance qualité et à faire une demande de certification ISO qu'il a obtenue. Les systèmes de maintenance et de contrôle de la production ont été implantés récemment et ne sont pas maîtrisés parfaitement par le personnel, ce qui entraîne à l'occasion des retards dans la production et la livraison. L'embauche du seul expert connu et accessible dans le domaine, que l'entreprise est allée chercher chez un compétiteur, devrait permettre d'accroître l'efficacité de la firme. Cette personne est toutefois âgée et montre une santé plutôt fragile. Une grande partie du personnel de production est relativement jeune et bien formée. Par contre, la croissance de l'économie régionale a créé de la pression sur la disponibilité de la main d'œuvre de production ce qui peut accroître les difficultés de l'entreprise à combler les départs ou à embaucher du personnel supplémentaire.

Les informations commerciales

L'entreprise œuvre sur le marché des aliments surgelés, un marché de trois milliards de dollars canadiens connaissant une croissance régulière d'environ 2% par année depuis cinq ans. Elle produit des substituts de repas maison composés d'un assortiment de légumes, de riz ou de pâtes, et de viande (poulet, bœuf ou porc) qu'elle offre en deux formats : familial ou individuel. Au total, l'entreprise a développé une douzaine de recettes exclusives et elle tente continuellement de découvrir de nouvelles combinaisons. Pour y arriver, l'entreprise consacre en moyenne 2,5% de son chiffre d'affaires à des activités de recherche et développement et d'amélioration de ses produits. L'entreprise vend 70% de ses produits à parts égales à trois géants de la distribution alimentaire au Canada : Sobeys, Loblaw et Metro, de qui elle a des commandes fermes. Le reste de sa clientèle est relativement diversifié et achète les produits de l'entreprise parce qu'elle entend parler de sa qualité et de son service. Aucun client n'a déposé une plainte jusqu'à maintenant sur les produits. Ceux-ci sont peu complexes et relativement faciles à imiter. L'entreprise a d'ailleurs ralenti sa croissance l'an dernier à cause de la venue de nouvelles petites entreprises agressives. Par contre, pour reprendre sa croissance, l'entreprise n'a pas le choix de procéder à des agrandissements physiques puisqu'elle a atteint la limite de ses capacités et elle a déjà commencé à avoir des difficultés à respecter les délais de livraison à ses principaux clients puisqu'elle n'arrive plus à stocker ses nouveaux produits.

La production

De par son expérience antérieure et sa formation en génie alimentaire, l'entrepreneur a su organiser rapidement sa production, de sorte que les équipements et systèmes utilisés sont tout à fait conformes à ses besoins. L'implantation d'un système MRP pour l'ordonnancement et le contrôle des commandes, des stocks et des produits finis, vise à assurer une grande efficacité dans la production et à réduire au minimum les goulots et le nombre d'arrêts de production. Ces systèmes ne peuvent toutefois pas suppléer à une capacité de production insuffisante pour rencontrer les objectifs de l'entrepreneur et satisfaire les demandes croissantes des principaux clients, qui devraient dépasser 5% dans la prochaine année. Une fois les produits fabriqués, il faut procéder à leur surgélation à partir de techniques relativement sophistiquées. Celles-ci ont beaucoup évolué dans les dernières années étant donné la tendance des consommateurs à retourner vers les produits «verts» ne devant pas nuire à leur santé. Avec la crise des OGM (organismes génétiquement modifiés), les produits surgelés sont susceptibles de connaître également des remises en question de la part des consommateurs, ce qui sensibilise le dirigeant à tout faire pour conserver la qualité de ses produits ainsi qu'une image «santé».

Les équipements actuels sont ajustés aux nouvelles exigences par la personne clé que le dirigeant a pu embaucher de chez son compétiteur. Étant donné leur jeune âge et leur faible expérience, les autres employés sont bien formés pour l'utilisation des machines, mais sont présentement incapables de procéder à des ajustements techniques. Pour maintenir leur niveau de qualification, l'entreprise leur offre en

moyenne cinq heures de formation par mois. Comme les équipements sont relativement jeunes, l'entreprise n'a pas de problèmes à assurer un entretien minimal. Par contre, les équipements informatiques plus sophistiqués exigent les services d'une firme spécialisée à qui l'entreprise a octroyé un contrat de maintenance depuis deux ans.

Les aliments achetés chez les principaux fournisseurs sont inspectés avant d'entrer dans le processus de transformation, même si l'entreprise n'a jamais eu de problèmes d'approvisionnement ni de qualité de ses matières premières. Elle maintient de bonnes relations avec ses principaux fournisseurs chez qui elle cumule près de 55% de ses achats. Malgré ses relations, ceux-ci ne seraient pas nécessairement disposés à accroître les ventes à l'entreprise advenant une hausse de la demande mondiale, puisqu'ils desservent en priorité de grandes entreprises multinationales dont les volumes d'achats sont nettement plus intéressants.

Du côté de la gestion de la production, on ne voit pas de problèmes majeurs. Les employés de production sont syndiqués depuis la création de l'entreprise. Le syndicat rapporte seulement quelques accidents mineurs depuis quatre ans. Les employés sont relativement efficaces, d'après le président, et le climat de travail n'est pas conflictuel. Par contre, l'entreprise a connu cinq départs volontaires l'an passé et trois il y a deux ans. La croissance de l'économie régionale permet un vaste choix d'emplois et crée de la pression sur la disponibilité de la main-d'œuvre de production, qui recherche les meilleures conditions. L'entreprise éprouve donc des difficultés à combler les départs ou à embaucher du personnel supplémentaire. Le taux d'accident de travail est susceptible d'augmenter si l'entreprise accroît ses ventes aussi rapidement qu'elle le souhaite, et si elle ne réduit pas le nombre de départs volontaires obligeant ainsi le directeur de la production à confier une partie des tâches à du personnel moins expérimenté. Pour réduire les pressions que l'entreprise pourrait connaître, le dirigeant devra procéder à l'implantation de certaines pratiques de gestion des ressources humaines telles qu'une politique de recrutement des employés et un programme de rémunération axé sur la performance. L'absence de ces pratiques fait dire au responsable des ressources humaines que cela explique en grande partie des départs de personnel, puisque les échelles salariales offertes aux employés sont ajustées régulièrement selon les tendances du marché de l'emploi.

Les activités de contrôle et de gestion

L'entrepreneur réunit ses principaux responsables de départements une fois par mois pour discuter des difficultés rencontrées dans la gestion et la production. De leur côté, ces responsables ont des rencontres hebdomadaires afin de discuter des problèmes opérationnels encourus et tenter de trouver des solutions convenant à tous. Dans l'ensemble, la collaboration est bonne, mais la tension commence à monter entre le responsable des ventes, qui aimerait bien accepter des commandes de plus grande taille, et le directeur de la production, qui lui rappelle sans cesse qu'il fonctionne au maximum de sa capacité de production. Ces tensions grandissantes ont d'ailleurs amené le départ de certains employés clés dans le département de production, causant de légers retards dans quelques activités qui n'impliquaient toutefois pas les principaux clients. Lors de la création de l'entreprise, l'entrepreneur n'a pas jugé pertinent de constituer immédiatement

un conseil d'administration afin de l'épauler dans le choix de ses stratégies de développement et dans les orientations de l'entreprise. Par contre, il peut consulter facilement des experts grâce aux contacts qu'il a conservés avec certains membres de la haute direction de son ancien employeur.

La gestion financière de l'entreprise est sous la responsabilité de l'adjointe administrative, puisque le dirigeant a des connaissances insuffisantes pour remplir adéquatement cette fonction. Il est vrai que le fait de travailler avec une clientèle peu diversifiée réduit les besoins de l'entreprise d'implanter des outils de gestion reconnus, comme le budget de caisse, les états financiers prévisionnels et le système de calcul du prix de revient. Aussi, malgré la formation académique du principal dirigeant, celui-ci n'a jamais procédé à une analyse systématique des coûts de production afin de s'assurer que les prix de vente sont convenables. Il se fie plutôt aux prix fixés par les compétiteurs pour déterminer ses propres prix de vente. Cette situation ne semble pas gêner l'entrepreneur qui se dit satisfait, dans l'ensemble, des résultats financiers atteints par son entreprise dans les dernières années. D'ici deux ans, par contre, il aimerait atteindre un chiffre d'affaires de 4,5 millions de dollars, ce qui l'incite à investir dans sa capacité de production (les résultats financiers détaillés sont présentés à la page 5.)

Ces résultats financiers lui permettent, pour le moment, de pourvoir correctement aux besoins de sa famille, soit lui, son épouse et leurs deux enfants. Son épouse ayant décidé de demeurer à la maison pour s'occuper des enfants, le dirigeant demeure le seul soutien financier. Pour assurer cette situation, il est prêt à investir davantage de temps dans son entreprise au besoin, même si cela signifie qu'il doit réduire le temps qu'il passe avec ses enfants qui est déjà plutôt limité. Selon son épouse, cette situation peut toutefois devenir difficile, car le stress créé par l'entreprise ajoute de la tension sur les épaules du dirigeant qui semble avoir atteint sa capacité de gestion. Elle lui recommande d'ailleurs de ralentir la croissance pour quelques années, le temps de refaire son énergie. La solution alternative serait que cette croissance soit déléguée à un partenaire financier, ce que refuse catégoriquement le dirigeant. Il est présentement le seul actionnaire avec son père et son frère, et ils ne sont pas prêts à ouvrir ce capital à d'autres actionnaires externes. En cas de besoin, seul le père de l'entrepreneur serait capable de réinvestir dans l'entreprise. Pour ses principaux emprunts, l'entreprise fait affaires avec la Banque Locale. L'entrepreneur affirme que son agent de crédit assure un suivi rapide des demandes de son entreprise, qu'il s'agit d'une personne de confiance et qu'il le recommanderait à son meilleur ami. Il dit qu'il peut discuter aisément avec cette personne des difficultés de l'entreprise et qu'elle comprend les problèmes rencontrés. Par contre, malgré que l'entreprise se soit toujours acquittée à temps de ses obligations envers la banque, l'entrepreneur trouve que l'institution financière soutient moyennement son entreprise dans les périodes difficiles et il n'est pas certain de son appui pour du financement supplémentaire. Le secteur de l'entreprise présente certains risques commerciaux que ne privilégient pas les banquiers!

L'entreprise possède une marge de crédit depuis sa création (pour plus de détails sur les montants accordés, voir page 5). Cette dernière est garantie par 75% des comptes clients et 40% des stocks, ainsi que par une caution de l'entrepreneur de 80 000 \$, soit le maximum qu'il pouvait fournir. Le taux d'intérêt actuellement payé sur la marge de crédit est le taux de base additionné d'une prime de 0,75%.

ÉTAT DES RÉSULTATS

	L'an dernier	L'année précédente
Ventes	3 000 000 \$	2 800 000 \$
Coût des marchandises vendues	<u>2 400 000 \$</u>	<u>2 250 000 \$</u>
<i>Bénéfice brut</i>	<i>600 000 \$</i>	<i>550 000 \$</i>
Frais de vente	110 000 \$	100 000 \$
Frais d'administration	250 000 \$	230 000 \$
Intérêts et frais bancaires	38 000 \$	40 000 \$
Impôts	<u>10 000 \$</u>	<u>50 000 \$</u>
<i>Bénéfice net</i>	<i>192 000 \$</i>	<i>130 000 \$</i>

BILAN

	L'an dernier	L'année précédente
ACTIF		
Encaisse	10 000 \$	54 000 \$
Comptes clients	410 000 \$	346 000 \$
Stocks	<u>480 000 \$</u>	<u>350 000 \$</u>
<i>Actif à court terme</i>	<i>900 000 \$</i>	<i>750 000 \$</i>
Immobilisations	<u>500 000 \$</u>	<u>550 000 \$</u>
<i>Total de l'actif</i>	<i>1 400 000 \$</i>	<i>1 300 000 \$</i>
PASSIF ET CAPITAUX PROPRES		
Emprunts à court terme	220 000 \$	150 000 \$
Comptes fournisseurs	170 000 \$	120 000 \$
Autres passifs	180 000 \$	100 000 \$
Dette à long terme échéant au prochain exercice	<u>130 000 \$</u>	<u>150 000 \$</u>
<i>Passif à court terme</i>	<i>700 000 \$</i>	<i>520 000 \$</i>
Dette à long terme	250 000 \$	360 000 \$
Impôts reportés	50 000 \$	45 000 \$
Capitaux propres	<u>400 000 \$</u>	<u>375 000 \$</u>
<i>Total du passif et des capitaux propres</i>	<i>1 400 000 \$</i>	<i>1 300 000 \$</i>

MARGE DE CRÉDIT

	L'an dernier	L'année précédente
Marge de crédit accordée	250 000 \$	250 000 \$
Marge de crédit utilisée	120 000 \$	100 000 \$

ANNEXE D

Tableaux obtenus lors de la génération des résultats décrits dans le chapitre 7. La première colonne (x_i) représente chacun des résultats possibles retournés par **eRisC**. La seconde colonne indique la fréquence absolue des résultats, c'est-à-dire le nombre de fois que ce résultat a été retourné. La troisième colonne représente la fréquence relative, tandis que la quatrième colonne représente encore la fréquence relative, mais cette fois-ci à partir de la loi normale. Les trois dernières colonnes servent à calculer l'espérance mathématique, l'écart type ainsi que le coefficient de variation.

Résultats du questionnaire d'expansion

x_i	$f(x_i)$	$P(X=x_i)$	EXPANSION			
			loi normale	$x_i \cdot P(x_i)$	x_i^2	$x_i^2 \cdot P(x_i)$
0,0	1,45024E+30	2,22074E-15	3,12723E-10	0	0	0
1,0	4,11856E+31	6,30668E-14	9,55232E-10	6,30668E-14	1	6,30668E-14
2,0	6,16149E+32	9,43499E-13	2,82216E-09	1,887E-12	4	3,77399E-12
3,0	6,31603E+33	9,67164E-12	8,06453E-09	2,90149E-11	9	8,70448E-11
4,0	4,94739E+34	7,57586E-11	2,22895E-08	3,03034E-10	16	1,21214E-09
5,0	3,14573E+35	4,81701E-10	5,95861E-08	2,4085E-09	25	1,20425E-08
6,0	1,68728E+36	2,58371E-09	1,54068E-07	1,55022E-08	36	9,30135E-08
7,0	7,84032E+36	1,20058E-08	3,85306E-07	8,40403E-08	49	5,88282E-07
8,0	3,21819E+37	4,92796E-08	9,32015E-07	3,94237E-07	64	3,1539E-06
9,0	1,18427E+38	1,81346E-07	2,18054E-06	1,63211E-06	81	1,4689E-05
10,0	3,95272E+38	6,05274E-07	4,93432E-06	6,05274E-06	100	6,05274E-05
11,0	1,20782E+39	1,84951E-06	1,07998E-05	2,03446E-05	121	0,000223791
12,0	3,40478E+39	5,21369E-06	2,28627E-05	6,25643E-05	144	0,000750771
13,0	8,91109E+39	1,36454E-05	4,68128E-05	0,00017739	169	0,002306074
14,0	2,17704E+40	3,33367E-05	9,27095E-05	0,000466713	196	0,006533986
15,0	4,98767E+40	7,63755E-05	0,000177586	0,001145632	225	0,017184477
16,0	1,07586E+41	0,000164744	0,000329015	0,002635911	256	0,042174578
17,0	2,19252E+41	0,000335737	0,000589587	0,005707531	289	0,097028033
18,0	4,23433E+41	0,000648397	0,001021888	0,01167114	324	0,210080526
19,0	7,77042E+41	0,001189872	0,0017131	0,022607568	361	0,429543786
20,0	1,35817E+42	0,002079744	0,002777705	0,041594877	400	0,831897533
21,0	2,26585E+42	0,003469657	0,004356257	0,072862799	441	1,530118787
22,0	3,61485E+42	0,005535369	0,006607918	0,121778126	484	2,679118779
23,0	5,5241E+42	0,008458965	0,009694821	0,194556204	529	4,474792696
24,0	8,09824E+42	0,012400709	0,013757477	0,297617023	576	7,142808562
25,0	1,1404E+43	0,017462706	0,018882597	0,436567656	625	10,91419139
26,0	1,54444E+43	0,0236497	0,025067357	0,614892213	676	15,98719753
27,0	2,01367E+43	0,030835054	0,032186909	0,832546459	729	22,47875441
28,0	2,52998E+43	0,038741184	0,039973659	1,084753165	784	30,37308863
29,0	3,06558E+43	0,046942662	0,048016714	1,361337206	841	39,47877897
30,0	3,585E+43	0,054896515	0,05578724	1,646895437	900	49,4068631
31,0	4,0488E+43	0,061998609	0,062690425	1,921956875	961	59,58066314

ANNEXE D

32,0	4,41842E+43	0,067658629	0,068138326	2,165076138	1024	69,28243643
33,0	4,6615E+43	0,071380878	0,071631757	2,355568975	1089	77,73377617
34,0	4,7565E+43	0,072835592	0,072835592	2,476410115	1156	84,1979439
35,0	4,69584E+43	0,071906609	0,071631757	2,516731308	1225	88,08559579
36,0	4,48682E+43	0,068705941	0,068138326	2,473413868	1296	89,04289924
37,0	4,1503E+43	0,063552873	0,062690425	2,351456284	1369	87,0038825
38,0	3,71732E+43	0,056922746	0,05578724	2,163064348	1444	82,19644524
39,0	3,22452E+43	0,049376541	0,048016714	1,925685111	1521	75,10171934
40,0	2,70919E+43	0,041485335	0,039973659	1,659413403	1600	66,37653613
41,0	2,20489E+43	0,033763186	0,032186909	1,384290637	1681	56,7559161
42,0	1,73831E+43	0,026618517	0,025067357	1,117977693	1764	46,95506312
43,0	1,32757E+43	0,020328885	0,018882597	0,87414205	1849	37,58810814
44,0	9,82099E+42	0,015038731	0,013757477	0,661704155	1936	29,11498281
45,0	7,03689E+42	0,010775472	0,009694821	0,484896236	2025	21,82033061
46,0	4,88285E+42	0,007477035	0,006607918	0,343943596	2116	15,82140542
47,0	3,28062E+42	0,005023564	0,004356257	0,236107513	2209	11,09705309
48,0	2,13369E+42	0,003267281	0,002777705	0,156829482	2304	7,527815139
49,0	1,34301E+42	0,002056537	0,0017131	0,100770333	2401	4,937746329
50,0	8,17846E+41	0,001252354	0,001021888	0,062617719	2500	3,13088596
51,0	4,81669E+41	0,000737572	0,000589587	0,037616174	2601	1,918424888
52,0	2,74246E+41	0,000419948	0,000329015	0,021837296	2704	1,13553938
53,0	1,50887E+41	0,000231051	0,000177586	0,012245727	2809	0,649023508
54,0	8,0182E+40	0,000122781	9,27095E-05	0,006630199	2916	0,358030763
55,0	4,11321E+40	6,29849E-05	4,68128E-05	0,003464172	3025	0,19052946
56,0	2,03569E+40	3,11723E-05	2,28627E-05	0,001745647	3136	0,097756241
57,0	9,714E+39	1,48749E-05	1,07998E-05	0,000847869	3249	0,048328517
58,0	4,46621E+39	6,83904E-06	4,93432E-06	0,000396664	3364	0,023006524
59,0	1,97703E+39	3,02739E-06	2,18054E-06	0,000178616	3481	0,01053836
60,0	8,41917E+38	1,28921E-06	9,32015E-07	7,73528E-05	3600	0,004641168
61,0	3,44608E+38	5,27692E-07	3,85306E-07	3,21892E-05	3721	0,001963544
62,0	1,35446E+38	2,07406E-07	1,54068E-07	1,28592E-05	3844	0,00079727
63,0	5,10669E+37	7,81979E-08	5,95861E-08	4,92647E-06	3969	0,000310367
64,0	1,8448E+37	2,82492E-08	2,22895E-08	1,80795E-06	4096	0,000115709
65,0	6,37758E+36	9,76588E-09	8,06453E-09	6,34782E-07	4225	4,12608E-05
66,0	2,10699E+36	3,2264E-09	2,82216E-09	2,12942E-07	4356	1,40542E-05
67,0	6,64224E+35	1,01712E-09	9,55232E-10	6,81467E-08	4489	4,56583E-06
68,0	1,99476E+35	3,05454E-10	3,12723E-10	2,07709E-08	4624	1,41242E-06
69,0	5,69625E+34	8,72257E-11	9,90226E-11	6,01857E-09	4761	4,15282E-07
70,0	1,54356E+34	2,36362E-11	3,03272E-11	1,65454E-09	4900	1,15817E-07
71,0	3,96005E+33	6,06396E-12	8,9837E-12	4,30541E-10	5041	3,05684E-08
72,0	9,59432E+32	1,46916E-12	2,57396E-12	1,0578E-10	5184	7,61614E-09
73,0	2,18886E+32	3,35176E-13	7,13299E-13	2,44679E-11	5329	1,78615E-09
74,0	4,68708E+31	7,17725E-14	1,9119E-13	5,31116E-12	5476	3,93026E-10
75,0	9,3857E+30	1,43722E-14	4,9566E-14	1,07791E-12	5625	8,08435E-11
76,0	1,75016E+30	2,67999E-15	1,24287E-14	2,0368E-13	5776	1,54796E-11
77,0	3,02427E+29	4,63101E-16	3,01434E-15	3,56588E-14	5929	2,74573E-12
78,0	4,81531E+28	7,3736E-17	7,07102E-16	5,75141E-15	6084	4,4861E-13
79,0	7,01735E+27	1,07456E-17	1,60434E-16	8,48899E-16	6241	6,7063E-14

ANNEXE D

80,0	9,28465E+26	1,42174E-18	3,52073E-17	1,13739E-16	6400	9,09916E-15
81,0	1,10437E+26	1,6911E-19	7,47299E-18	1,36979E-17	6561	1,10953E-15
82,0	1,16636E+25	1,78603E-20	1,53419E-18	1,46455E-18	6724	1,20093E-16
83,0	1,07639E+24	1,64825E-21	3,04642E-19	1,36805E-19	6889	1,13548E-17
84,0	8,49589E+22	1,30096E-22	5,8509E-20	1,09281E-20	7056	9,17959E-19
85,0	5,56655E+21	8,52396E-24	1,08687E-20	7,24537E-22	7225	6,15856E-20
86,0	2,89789E+20	4,43749E-25	1,95281E-21	3,81624E-23	7396	3,28196E-21
87,0	1,11828E+19	1,7124E-26	3,39364E-22	1,48979E-24	7569	1,29612E-22
88,0	2,81926E+17	4,31709E-28	5,70419E-23	3,79904E-26	7744	3,34316E-24
89,0	3,42208E+15	5,24018E-30	9,27357E-24	4,66376E-28	7921	4,15075E-26

Tableau D.1 : Tableau des résultats obtenus lors de la génération des résultats pour le questionnaire d'expansion.

Résultats du questionnaire d'exportation

EXPORTATION						
x_i	$f(x_i)$	$P(X=x_i)$	loi normale	$x_i \cdot P(x_i)$	x_i^2	$x_i^2 \cdot P(x_i)$
0,0	4,10066E+27	1,0697E-16	1,67847E-11	0	0	0
1,0	1,45132E+29	3,7859E-15	4,99744E-11	3,7859E-15	1	3,7859E-15
2,0	2,46775E+30	6,43737E-14	1,44739E-10	1,28747E-13	4	2,57495E-13
3,0	2,73162E+31	7,1257E-13	4,0778E-10	2,13771E-12	9	6,41313E-12
4,0	2,23683E+32	5,83498E-12	1,11756E-09	2,33399E-11	16	9,33597E-11
5,0	1,45488E+33	3,79519E-11	2,97935E-09	1,89759E-10	25	9,48797E-10
6,0	7,86496E+33	2,05165E-10	7,72638E-09	1,23099E-09	36	7,38594E-09
7,0	3,64668E+34	9,51271E-10	1,9491E-08	6,6589E-09	49	4,66123E-08
8,0	1,48413E+35	3,8715E-09	4,78296E-08	3,0972E-08	64	2,47776E-07
9,0	5,39687E+35	1,40782E-08	1,14173E-07	1,26704E-07	81	1,14034E-06
10,0	1,77848E+36	4,63933E-08	2,65115E-07	4,63933E-07	100	4,63933E-06
11,0	5,37294E+36	1,40158E-07	5,98839E-07	1,54174E-06	121	1,69591E-05
12,0	1,50249E+37	3,91938E-07	1,3158E-06	4,70325E-06	144	5,6439E-05
13,0	3,92075E+37	1,02276E-06	2,81237E-06	1,32959E-05	169	0,000172847
14,0	9,61339E+37	2,50774E-06	5,84738E-06	3,51084E-05	196	0,000491518
15,0	2,22778E+38	5,81138E-06	1,18264E-05	8,71707E-05	225	0,001307561
16,0	4,90349E+38	1,27912E-05	2,32675E-05	0,00020466	256	0,003274553
17,0	1,02939E+39	2,68527E-05	4,45298E-05	0,000456495	289	0,007760417
18,0	2,06826E+39	5,39525E-05	8,29001E-05	0,000971146	324	0,017480622
19,0	3,98867E+39	0,000104048	0,000150129	0,001976914	361	0,037561374
20,0	7,40076E+39	0,000193056	0,000264471	0,003861118	400	0,07722236
21,0	1,32373E+40	0,000345306	0,000453206	0,007251431	441	0,152280047
22,0	2,28607E+40	0,000596342	0,00075547	0,013119526	484	0,288629577
23,0	3,81705E+40	0,000995713	0,001225019	0,022901394	529	0,526732051
24,0	6,16874E+40	0,001609175	0,001932294	0,038620197	576	0,926884717
25,0	9,65838E+40	0,00251948	0,002964884	0,062986991	625	1,574674781
26,0	1,46622E+41	0,003824765	0,004425337	0,099443901	676	2,585541418
27,0	2,15962E+41	0,005633576	0,006425239	0,152106562	729	4,106877174
28,0	3,08817E+41	0,008055777	0,009074787	0,225561763	784	6,315729369

ANNEXE D

29,0	4,28935E+41	0,011189176	0,012467742	0,324486116	841	9,410097374
30,0	5,78952E+41	0,015102499	0,016662625	0,453074972	900	13,59224917
31,0	7,59657E+41	0,019816366	0,021662234	0,614307359	961	19,04352814
32,0	9,69294E+41	0,025284948	0,027394748	0,809118333	1024	25,89178665
33,0	1,20301E+42	0,031381704	0,033700442	1,035596246	1089	34,17467613
34,0	1,45262E+42	0,037892861	0,040328133	1,28835729	1156	43,80414786
35,0	1,70673E+42	0,044521728	0,046944515	1,558260477	1225	54,53911669
36,0	1,95146E+42	0,05090564	0,053157657	1,832603025	1296	65,97370889
37,0	2,17149E+42	0,056645276	0,058553254	2,095875198	1369	77,54738232
38,0	2,3516E+42	0,061343705	0,062739415	2,331060807	1444	88,58031066
39,0	2,47836E+42	0,064650269	0,065393431	2,521360474	1521	98,33305848
40,0	2,54171E+42	0,066302821	0,066302821	2,652112853	1600	106,0845141
41,0	2,53629E+42	0,066161468	0,065393431	2,712620186	1681	111,2174276
42,0	2,46216E+42	0,064227864	0,062739415	2,697570281	1764	113,2979518
43,0	2,32487E+42	0,060646443	0,058553254	2,607797065	1849	112,1352738
44,0	2,13475E+42	0,055687058	0,053157657	2,450230538	1936	107,8101437
45,0	1,90569E+42	0,049711832	0,046944515	2,23703242	2025	100,6664589
46,0	1,65345E+42	0,043131816	0,040328133	1,984063525	2116	91,26692215
47,0	1,39388E+42	0,036360596	0,033700442	1,708948021	2209	80,32055698
48,0	1,14131E+42	0,029772103	0,027394748	1,429060956	2304	68,5949259
49,0	9,07328E+41	0,023668502	0,021662234	1,159756585	2401	56,82807267
50,0	7,00057E+41	0,018261647	0,016662625	0,913082342	2500	45,65411709
51,0	5,23991E+41	0,013668795	0,012467742	0,697108536	2601	35,55253534
52,0	3,80309E+41	0,009920718	0,009074787	0,515877333	2704	26,82562131
53,0	2,67524E+41	0,006978605	0,006425239	0,369866083	2809	19,60290242
54,0	1,82297E+41	0,004755385	0,004425337	0,256790812	2916	13,86670382
55,0	1,20269E+41	0,003137344	0,002964884	0,172553902	3025	9,490464593
56,0	7,67799E+40	0,002002876	0,001932294	0,11216105	3136	6,281018784
57,0	4,74022E+40	0,001236532	0,001225019	0,070482328	3249	4,017492682
58,0	2,82839E+40	0,000737812	0,00075547	0,042793084	3364	2,48199887
59,0	1,62997E+40	0,000425193	0,000453206	0,025086413	3481	1,480098359
60,0	9,0659E+39	0,000236493	0,000264471	0,014189563	3600	0,85137377
61,0	4,86287E+39	0,000126853	0,000150129	0,007738014	3721	0,472018857
62,0	2,51332E+39	6,55624E-05	8,29001E-05	0,004064871	3844	0,252022032
63,0	1,25041E+39	3,26181E-05	4,45298E-05	0,002054942	3969	0,129461343
64,0	5,98164E+38	1,56037E-05	2,32675E-05	0,000998635	4096	0,063912615
65,0	2,74786E+38	7,16806E-06	1,18264E-05	0,000465924	4225	0,030285054
66,0	1,21042E+38	3,15751E-06	5,84738E-06	0,000208395	4356	0,013754098
67,0	5,10405E+37	1,33144E-06	2,81237E-06	8,92064E-05	4489	0,005976832
68,0	2,05633E+37	5,36413E-07	1,3158E-06	3,64761E-05	4624	0,002480375
69,0	7,8983E+36	2,06035E-07	5,98839E-07	1,42164E-05	4761	0,000980931
70,0	2,88533E+36	7,52666E-08	2,65115E-07	5,26866E-06	4900	0,000368806
71,0	9,99852E+35	2,60821E-08	1,14173E-07	1,85183E-06	5041	0,00013148
72,0	3,27731E+35	8,54918E-09	4,78296E-08	6,15541E-07	5184	4,4319E-05
73,0	1,01302E+35	2,64257E-09	1,9491E-08	1,92908E-07	5329	1,40823E-05
74,0	2,94334E+34	7,67797E-10	7,72638E-09	5,6817E-08	5476	4,20446E-06
75,0	8,01127E+33	2,08982E-10	2,97935E-09	1,56736E-08	5625	1,17552E-06
76,0	2,03542E+33	5,30959E-11	1,11756E-09	4,03529E-09	5776	3,06682E-07

ANNEXE D

77,0	4,80912E+32	1,2545E-11	4,0778E-10	9,65968E-10	5929	7,43796E-08
78,0	1,05245E+32	2,74542E-12	1,44739E-10	2,14143E-10	6084	1,67031E-08
79,0	2,12424E+31	5,54127E-13	4,99744E-11	4,37761E-11	6241	3,45831E-09
80,0	3,93583E+30	1,0267E-13	1,67847E-11	8,21358E-12	6400	6,57087E-10
81,0	6,65937E+29	1,73716E-14	5,48385E-12	1,4071E-12	6561	1,13975E-10
82,0	1,02283E+29	2,66816E-15	1,74285E-12	2,18789E-13	6724	1,79407E-11
83,0	1,41618E+28	3,69423E-16	5,38817E-13	3,06621E-14	6889	2,54495E-12
84,0	1,75277E+27	4,57226E-17	1,62041E-13	3,8407E-15	7056	3,22619E-13
85,0	1,91923E+26	5,00649E-18	4,74038E-14	4,25552E-16	7225	3,61719E-14
86,0	1,83491E+25	4,78652E-19	1,34898E-14	4,11641E-17	7396	3,54011E-15
87,0	1,50565E+24	3,92763E-20	3,73424E-15	3,41704E-18	7569	2,97282E-16
88,0	1,03604E+23	2,70261E-21	1,00555E-15	2,3783E-19	7744	2,0929E-17
89,0	5,78618E+21	1,50938E-22	2,63395E-16	1,34335E-20	7921	1,19558E-18
90,0	2,49858E+20	6,51779E-24	6,71146E-17	5,86601E-22	8100	5,27941E-20
91,0	7,7155E+18	2,01266E-25	1,66353E-17	1,83152E-23	8281	1,66669E-21
92,0	1,4759E+17	3,85003E-27	4,01096E-18	3,54203E-25	8464	3,25867E-23
93,0	1,23835E+15	3,23035E-29	9,40742E-19	3,00422E-27	8649	2,79393E-25

Tableau D.2 : Tableau des résultats obtenus lors de la génération des résultats pour le questionnaire d'exportation.

ANNEXE E

Graphiques représentant les différents secteurs des questionnaires d'expansion et d'exportation. Ces graphiques aident à expliquer l'allure des CGR comme il est mention dans le chapitre 7.

Courbes représentant les secteurs d'expansion

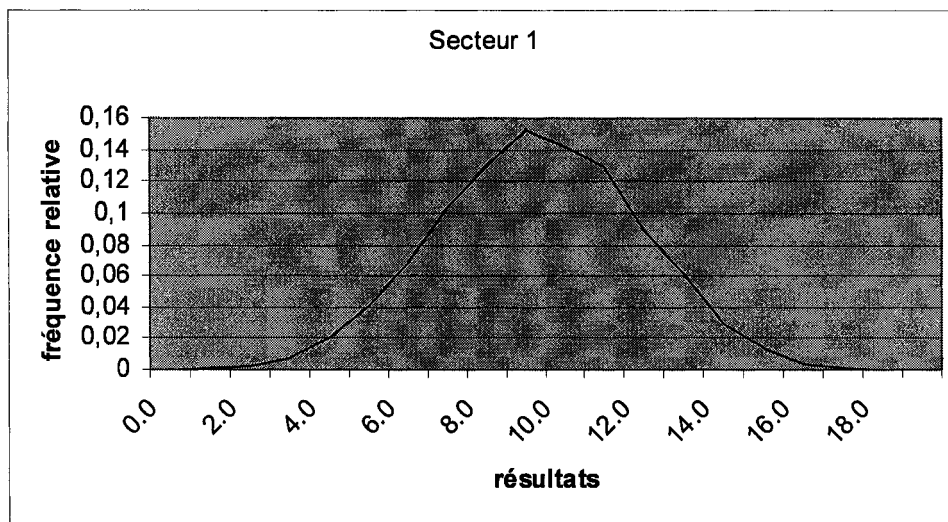


Figure E.1 : Courbe représentant le secteur 1 d'expansion.

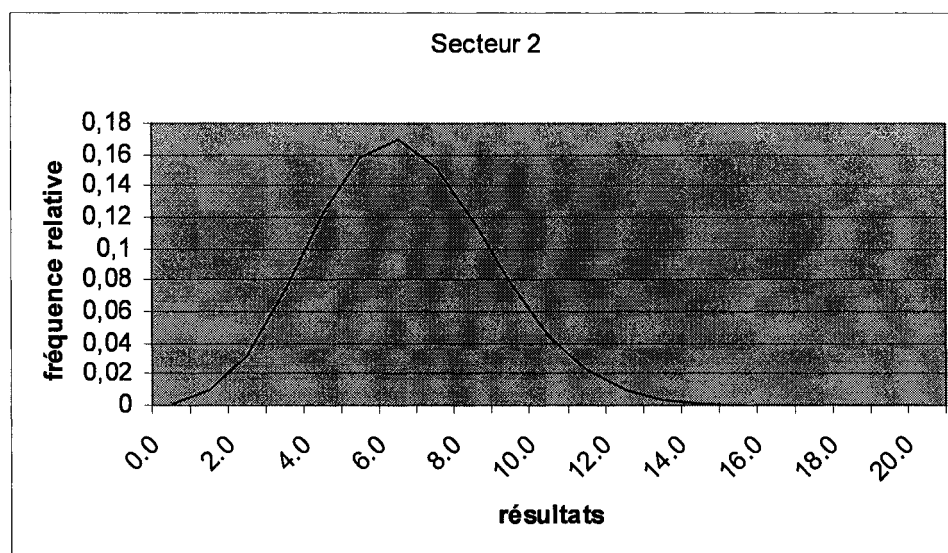


Figure E.2 : Courbe représentant le secteur 3 d'expansion.

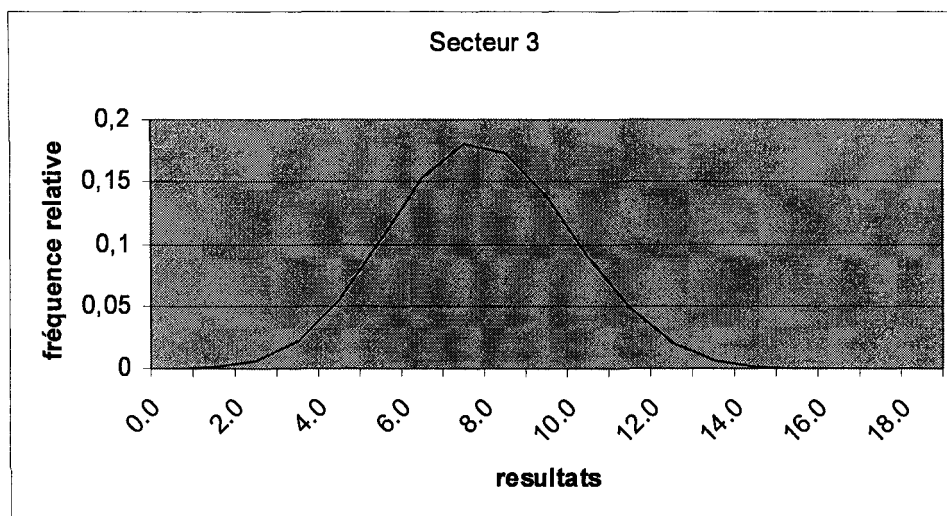


Figure E.3 : Courbe représentant le secteur 3 d'expansion.

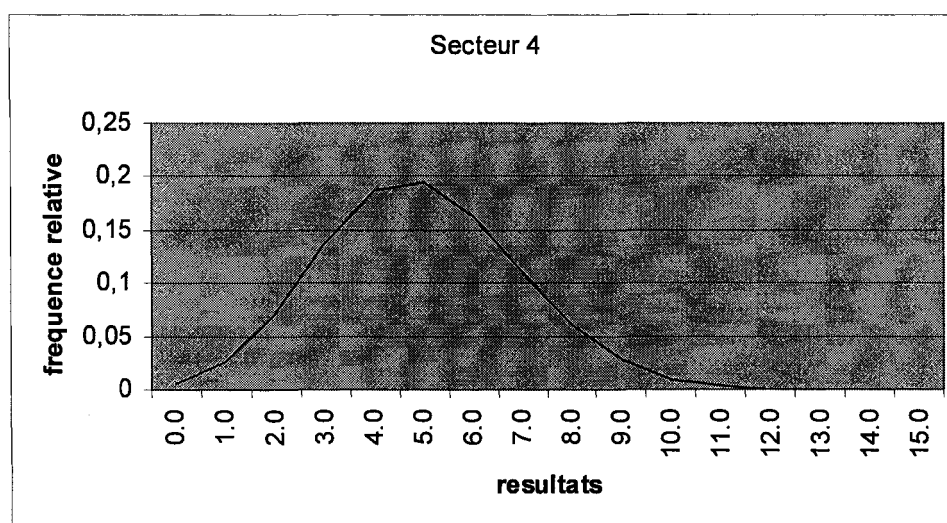


Figure E.4 : Courbe représentant le secteur 4 d'expansion.

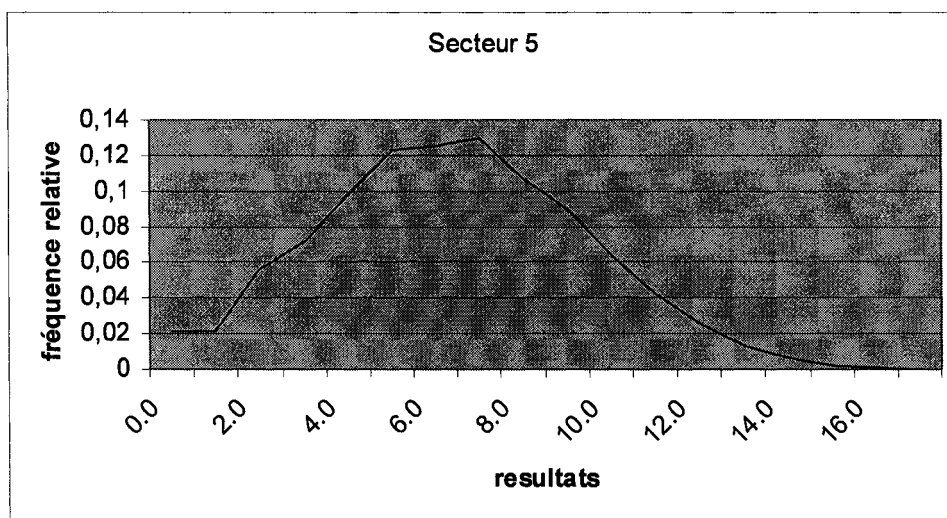


Figure E.5 : Courbe représentant le secteur 5 d'expansion.

Courbes représentant les secteurs d'exportation

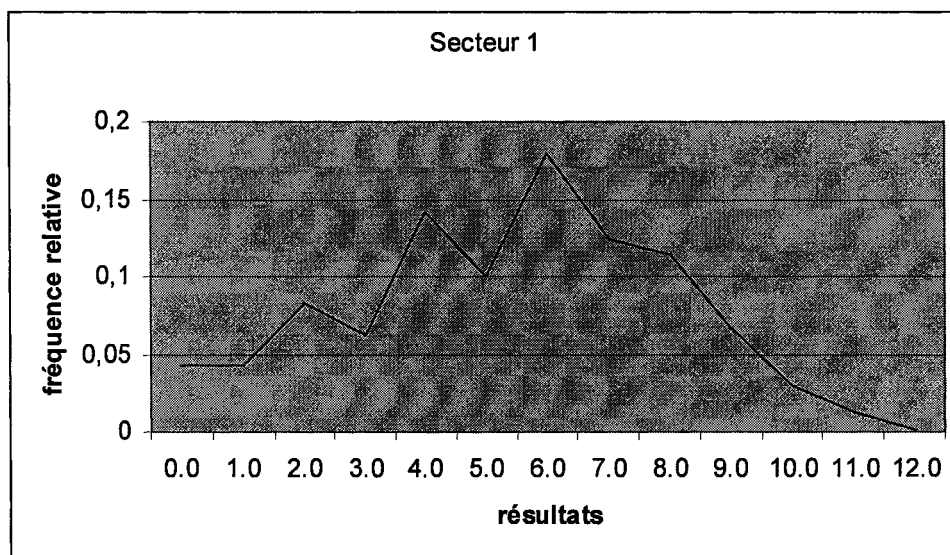


Figure E.6 : Courbe représentant le secteur 1 d'exportation.

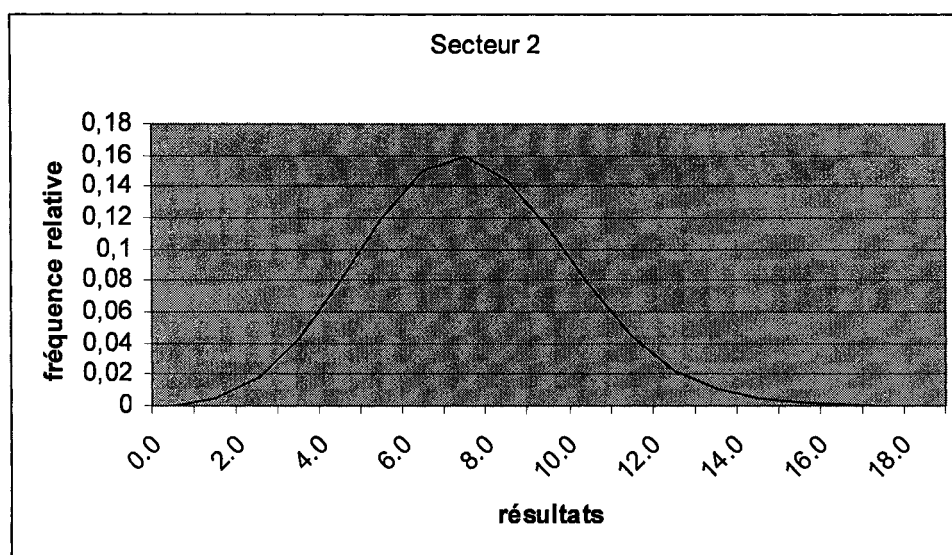


Figure E.7 : Courbe représentant le secteur 2 d'exportation.

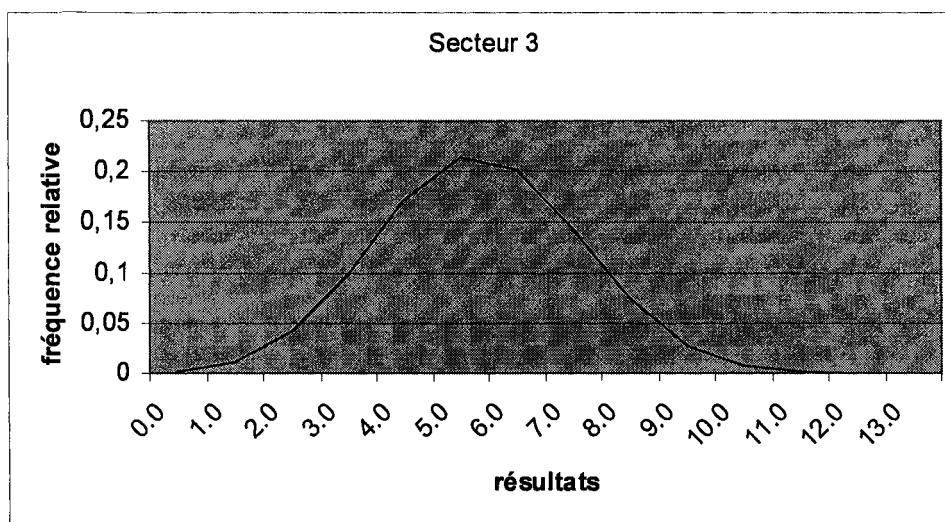


Figure E.8 : Courbe représentant le secteur 3 d'exportation.

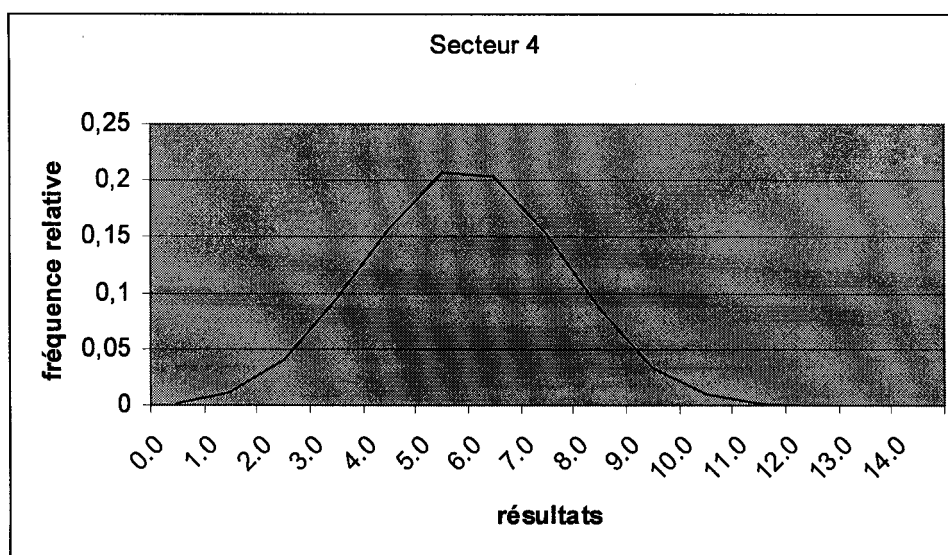


Figure E.9 : Courbe représentant le secteur 4 d'exportation.

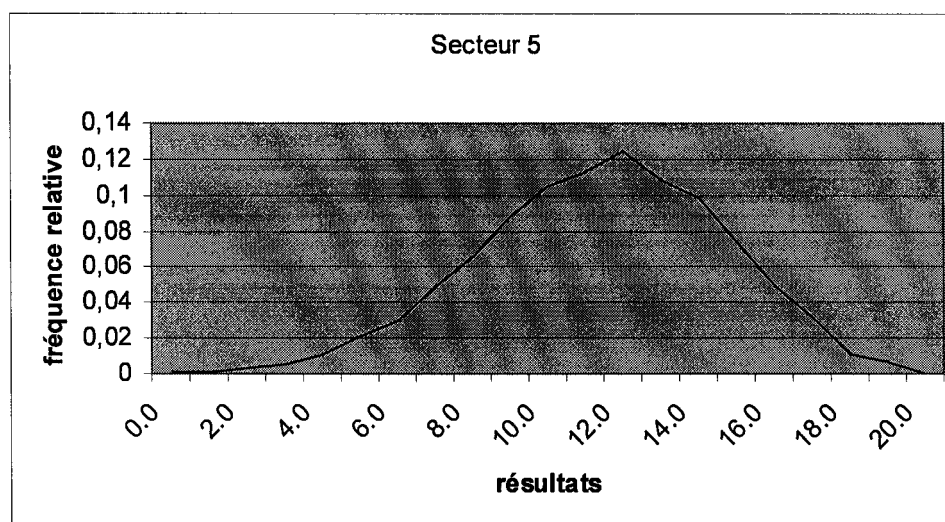


Figure E.10 : Courbe représentant le secteur 5 d'exportation.

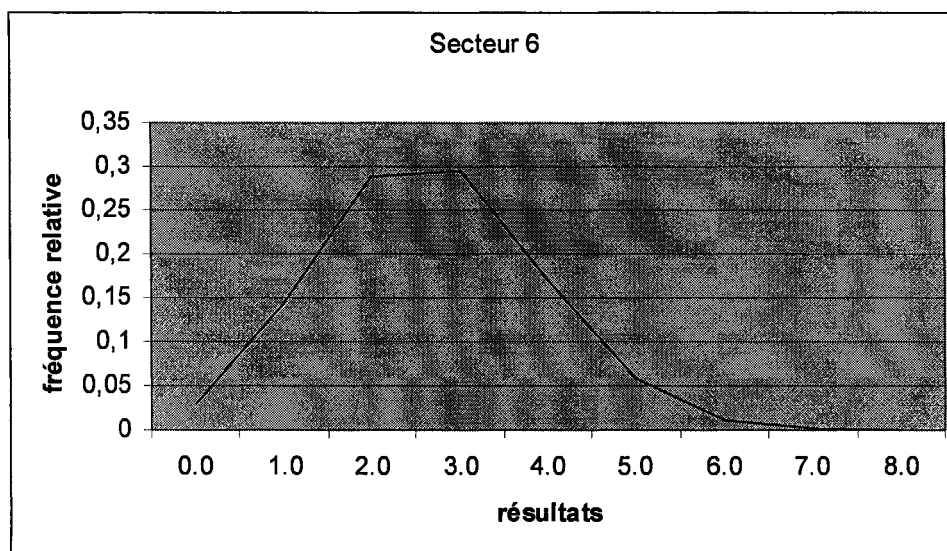


Figure E.11 : Courbe représentant le secteur 6 d'exportation.

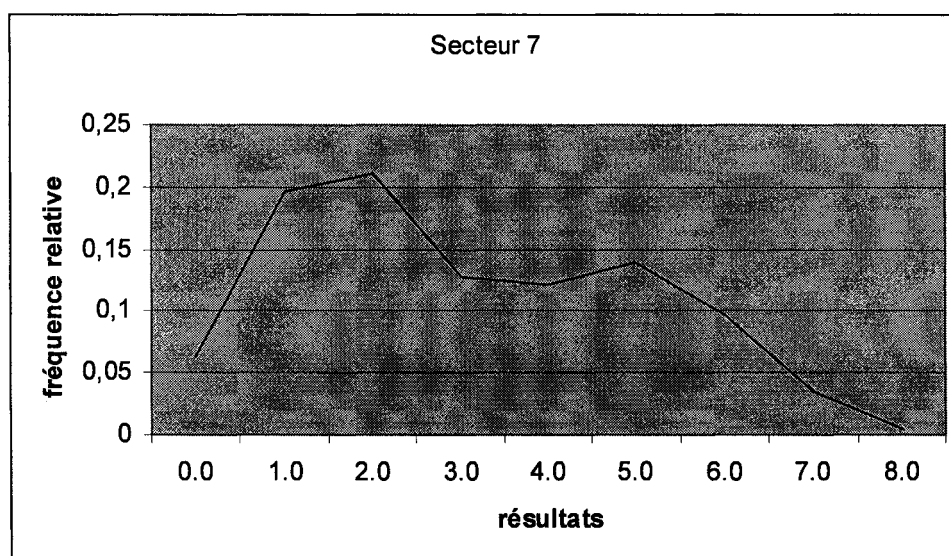


Figure E.12 : Courbe représentant le secteur 7 d'exportation.